

ŘADA B  
PRO KONSTRUKTÉRY  
ČASOPIS  
PRO RADIOTECHNIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ  
ROČNÍK XXV/1976 ČÍSLO 4

V TOMTO SEŠITĚ

25 let AR - 25 let služby pokroku . . . . .	121
Zajímavá a praktická zapojení . . . . .	
Úvod . . . . .	122
Zdroje, napáječe, nabíječe, regulátory	
Jak navrhovat výkonový zdroj . . . . .	124
Stabilizovaný zdroj pro autospotřebiče . . . . .	125
Sítové napáječe s výstupním napětím 6 a 9 V . . . . .	127
Reverzace směru otáčení univerzálních motorů . . . . .	129
Integrované stabilizátory napětí . . . . .	130
Nf technika	
Nf zesilovač v můstkovém zapojení . . . . .	130
Tranzistorový budič pro elektronkový koncový stupeň nf zesilovačů . . . . .	131
Adaptor pro stereofonní sluchátka . . . . .	133
Nf zesilovač 60 W . . . . .	134
Aktivní pásmová propust . . . . .	135
Elektronické řízení zesílení . . . . .	136
Měřicí technika	
Všeobecný ohmmetr . . . . .	137
Digitální měřič kapacity . . . . .	138
Jednoduchý vf voltmetr . . . . .	140
Základní pokusy s operačními zesilovači . . . . .	140
Generátor vn pro osciloskop . . . . .	141
Generátory impulsů . . . . .	142
Přijímací technika	
Reflexní přijímač . . . . .	144
Přímosměšující přijímače pro KV . . . . .	145
Konstrukční část	
Nf stereofonní zesilovač s MBAB10 . . . . .	145
Napájecí zdroje 5 V a $\pm 15$ V . . . . .	148
Kvadrofonie (dokončení z č. B3)	
Měřicí technika . . . . .	152

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B.

Vydává ÚV Svažarmu ve vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 57-1. Šéfredaktor ing. F. Smolík, zástupce Luboš Kalousek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harminc, L. Hlinský, P. Horák, Z. Hradišský, ing. J. T. Hyanc, ing. J. Jaroslav, ing. dr. J. Joachim, ing. F. Kralík, prom. fyz. L. Kryška, ing. J. Navrátil, K. Novák, ing. O. Petráček, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSC, laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7. Šéfredaktor I. 353. Ročně výdej 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšířuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství Magnet, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Dohledací pošta Praha 07. Objednávky do zahraničí využívají PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Tiskna Naše vojsko, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerci přijímá vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46044

Toto číslo vyšlo 23. července 1976.  
© Vydavatelství MAGNET, Praha

# 25 LET AR

## LET SLUŽBY POKROKU



Společenský a vědeckotechnický pokrok mohou urychlovat pouze lidé, kteří mají hluboké a všeobecné znalosti, odpovědný vztah k práci a zároveň umějí všeobecně, bohatě a plně žít. V této souvislosti je nabídnuté, že je třeba nejen přijímat hodnoty, ale také je tvorit – to bylo a je krédem našeho časopisu, který slaví v letošním roce 25. výročí svého založení.

Snad by se na první pohled mohlo zdát, že je titulek tohoto úvodníku poněkud nadnesený, že příliš zvětšuje úlohu a význam AR v životě naší společnosti. Zamysleme-li se však nad historií uplynulých 25 let, nemůže nám ujít, že časopis byl především v některých obdobích skutečně na špičce, pokud jde o boj za pokrok, boj o probojování nových přístupů, nových poznatků a forem práce. To nakonec bylo oceněno na jarním sympoziu AR, pořádaném ve spolupráci s ČVTS elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického, na němž byl časopis slavnostně předán diplom VHJ TESLA za jeho úlohu v rozvoji elektroniky a na němž redakce obdržela nejvyšší vyznamenání, udělované ministerstvem spojů, jako ocenění práce v oblasti sdělovací techniky a elektroniky vůbec.

Pouze nejužšímu kruhu spolupracovníků redakce je však známo, že „to redakce neměla často lehké“, že bylo např. i mnoho takových „odborníků“, kteří nelíbě nesli, že redakce uveřejňuje informace o nejmodernejších poznatkách z elektroniky, přičemž argumentovali nejrůznějším způsobem, často i „z pozice sily“. Vývoj však ukázal, že dosud se redakce nikdy zásadně nezmýlila ve výběru uveřejňovaných materiálů – právě naopak. To vše platí o televizní technice, polovodičové technice, integrovaných obvodech atd.

Dnes je možno se pouze usmát např. tvrzení, že integrované obvody jsou pouze nereálným výmyslem, obchodním trikem atd., že pokud jde o miniaturizaci, mají budoucnost pouze tzv. mikromoduly. Kde je dnes mikromodulům konec! Podobně dopadli i ti kritici, kteří v době, kdy redakce uveřejňovala na pokračování seriál o tranzistorových, tvrdili, že tranzistory nemají budoucnost, a byli-li tolerantní, vyjímali ze svých odsudků oblast nf techniky, v níž, jak tvrdili, mohou snad tranzistory najít určité uplatnění.

Stejně je tomu v současnosti. Číslicová technika stále ještě u některých lidí vytváří pocit výlučnosti, složitosti, a není málo těch, kteří tvrdí, že je doménou profesionálů a že je také zůstane.

Tyto falešné názory, často podporované tzv. technickým konzervativismem, naštěstí nejsou a nikdy nebyly příliš rozšířeny. Každý skutečný technik, zapálený pro „věc“, ať již amatér nebo profesionál, miluje na elektronice především to dobroružné – odhalování tajů a „bílých míst“, snahu realizovat dosud zdánlivě nemožné a nerealizované, zvládnout v teorii i v praxi moderní poznatky je (nebo by měla být) charakterovou vlastností každého, kdo se zabývá elektronikou. Skutečný technik však také musí vždy stát oběma nohami na zemi, fantazírování nemá v technice místo, přičemž fantazírováním rozumí vymýšlení něčeho, na co mi nestačí ani sily,

ani vědomosti, ani zkušenosti.

Velmi výstižně to řekl generální tajemník ÚV KSC a prezident republiky dr. Gustáv Husák na setkání s mládeží 21. května letošního roku: „Mládež má u nás zelenou, má otevřené dveře, může rozvíjet své schopnosti a uplatňovat se na kterémkoliv pracovišti, ve kterémkoliv obci nebo městě. Přirozeně, i zde musí být náročnost. Kdo chce spolužehodnou, kdo se chce spoluúčastnit, musí věci znát, musí se je učit a musí se trochu kolem toho potrápit.“

S tím, co bylo uvedeno, velmi úzce souvisí i budoucí tematika našeho časopisu a naše budoucí úkoly. Zde by bylo na místě opět použít citát z projevu generálního tajemníka ÚV KSC a prezidenta republiky dr. Gustáva Husáka, který při setkání s mládeží řekl:

„XV. sjezd KSC určil pro další údoby vysoké a náročné úkoly. Může vzniknout otázka, proč si tak vysoké cíle dáváme. Lidé chtějí lépe žít. V žádném odvětví, v němž pracujeme, se nevystačí s tím, co bylo v minulých letech. Rostou nároky člověka, nároky společnosti, a proto si dáváme tyto vysoké, ale reálné úkoly, splnitelné za podmíny dobrého řízení i dobré a poctivé práce. Československo je vyspělý stát a musí držet krok s jinými vyspělými státy. A to vyzaduje dobrou, pociťovou přípravu a zápal pro tuto myšlenku.“

Redakce našeho časopisu by chtěla, stejně jako v minulosti, stát po boku těch, kteří leží na srdci pokrok a šťastný život celé naší společnosti. Chtěla by svým přínosem naplnit plány, které před naší společnost postavila vedoucí síla naší společnosti, Komunistická strana Československa. Chtěla by se podílet na splnění těchto plánů a svoji pozornost věnovat především přípravě mladé generace, jejíž znalosti a postoj k práci určují (nebo zanedlouho budou určovat) úroveň výroby, úroveň řízení atd. – prostě vše, na čem závisí budoucnost nás všech. Ke splnění tohoto úkolu udělám vše, co je v našich silách, bez ohledu na nejrůznější objektivní potíže, s nimiž se setkáváme. Doufáme, že se nám pro tento program podaří získat další spolupracovníky tak, abychom splnili vše, co jsme si předsevzali, „v odpovídající kvalitě“. Zavazujeme nás k tomu nejen naše tradice, ale i důvěra, kterou nám v naší práci projevují jak vydavatel, Svažarm pro spolupráci s armádou, tak i naši čtenáři a spolupracovníci.

Letos na podzim se bude konat sjezd Svažarmu, na němž se bude hodnotit i přínos svazarmovských časopisů pro společnost. Chtěli bychom uctít 25. výročí založení Svažarmu a jeho sjezd co nejlepší prací v tom duchu, který byl vždy časopisu vlastní – v duchu boje za pokrok, proti zkostnatělosti, za tvůrčí přístup k problémům ať jsou jakéhokoli druhu. To byl a zůstává náš cíl.

KONSTRUKTÉŘI,  
nezapomeňte, že konkurs AR-TESLA  
končí již 15. září!



# ZAJÍMAVÁ PRAKTIČKÁ a ZAPOJENÍ 9

Zdeněk Svobodný

## Úvod

Vážení čtenáři, scházíme se již po deváté nad stránkami Zajímavých a praktických zapojení. Jak jsme již v minulosti několikrát řekli, kritériem pro výběr uváděných zapojení je většinou jejich neobvyklost, technické „figle“, kromě toho však i možnost realizovat některá ze zapojení s našimi součástkami, snaha jednoduše osvětlit některé zásadní nebo i neobvyklé způsoby návrhu elektronických obvodů a jiná hlediska. Zatím jsem se vždy snažil, aby zapojení vybrána pro Zajímavá a praktická zapojení bylo možno, i když třeba s určitým omezením, realizovat ze součástek, které jsou nebo perspektivně budou na našem trhu. Je zřejmé, že toto hledisko velmi omezuje možnost výběru, především u zapojení s integrovanými obvody, jichž se dnes v zahraničních časopisech a v publikacích objevuje nejvíce. Navíc se sortimentem integrovaných obvodů, ať již lineárních nebo číslicových, rozrůstá téměř každým dnem o další a další obvody, které jsou většinou nedostupné a o nichž navíc nelze sehnat příslušné technické údaje – zapojení a vlastnosti. Když bylo možno jednoduché integrované obvody v nejhorším nahradit diskrétními součástkami, to však dnes není možné, neboť složitost většiny těchto obvodů je značná a náhrada je zcela nemožná, i když bychom opomenuli funkční vlastnosti a zaměřili se pouze na ekonomickou stránku náhrady. Přitom, jak jsem již uvedl, právě obvody s integrovanými polovodičovými prvky patří mezi nejzajímavější a nejpoužívanější.

Proto jsem při výběru zapojení zvolil určitý kompromis: zapojení jsou vybrána tak, aby je bylo možno realizovat s našimi součástkami, popř. tak, aby se čtenář seznámil s nejpoužívanějšími zahraničními prvky, které se jeví jako perspektivní a které by si mohl zájemce popř. opatřit na základě nabídky v inzertní části AR A, nebo i jinak. Tento druhý typ zajímavých zapojení jsem se snažil vždy doplnit i zapojením vývodů použitých integrovaných obvodů, pokud se mi podařilo toto zapojení zjistit.

Kromě uvedených kritérií výběru jsem použil ještě jedno – některá zapojení jsou zcela základní, jednoduchá, ta by měla sloužit jako podklad k experimentování pro začínající a méně zkušené zájemce, ostatní zapojení jsem se snažil vybírat tak, aby mohla sloužit jak pro amatéry, tak pro profesionály a pomohla případně řešit i jejich pracovní úkoly.

Pro další Zajímavá a praktická zapojení přímu rád jakékoliv návrhy a rady, týkající se výběru zapojení a např. i způsobu zpracování, tematických oblastí, které by měly být preferovány atd.

Popis zapojení ze zahraniční literatury začneme tentokrát poněkud netradičně. Uvodem si totiž ukážeme jednu konstrukci, která byla popsána v časopisu Popular Electronics, v lednu 1976. Uvádíme ji na začátku zcela zámrně především proto, že je na ní jasné vidět všechny problémy přebírání kon-

strukcí z cizích časopisů: nedostupné integrované obvody, neobvyklé řešení běžného problému (jak rozvádět signál co nejjednodušším způsobem) atd. Článek se sice nazývá A wireless audio system for remote speakers (tj. Bezdrátový zvukový systém pro vzdálené reproduktory, přeloženo doslova), k přenosu signálu ke vzdáleným reproduktorem se však používá síťové vedení. Autor článku chtěl tímto řešením obejít otázkou rozvodu vedení na výstupního signálu ze zesilovače po rodičem domku. Byl bych rád, kdyby mi zájemci mohli napsat, zda je vhodné uvádět v Zajímavých a praktických zapojeních i zapojení a konstrukce tohoto nebo podobných typů.

## Napájení vzdálených reproduktorů

Systém rozvodu signálu používá kmitočtové modulovanou nosnou vlnu, fázově uzamykatelnou smyčku (PLL) a napěťové kontrolovaný oscilátor VCO. Přenos signálu má velmi dobré technické vlastnosti – kmitočtová charakteristika je v mezi  $\pm 0,2$  dB v pásmu 30 až 17 000 Hz, celkové harmonické zkreslení je 2 %, odstup signál/šum je  $-50$  dB při výstupním výkonu 2 W na impedanci  $8 \Omega$ . V principu lze systémem přenášet jak monofonní, tak stereofonní signál; v případě stereofonního signálu je třeba použít pro každý z kanálů jiný nosný kmitočet. Vstupní signál lze pro zařízení odebírat jak z tzv. diodového výstupu, tak např. ze zesilovače, z výstupu pro připojení reproduktoru.

Vysílač soupravy je na obr. 1. Používá se v něm integrovaný napěťově řízený oscilátor (VCO), jímž je buzen tranzistor  $T_1$  zesilovače. Vysílač je napájen ze stabilizovaného zdroje, integrovaný stabilizátor má na výstupu konstantní napětí 12 V. Vstup vysílače je

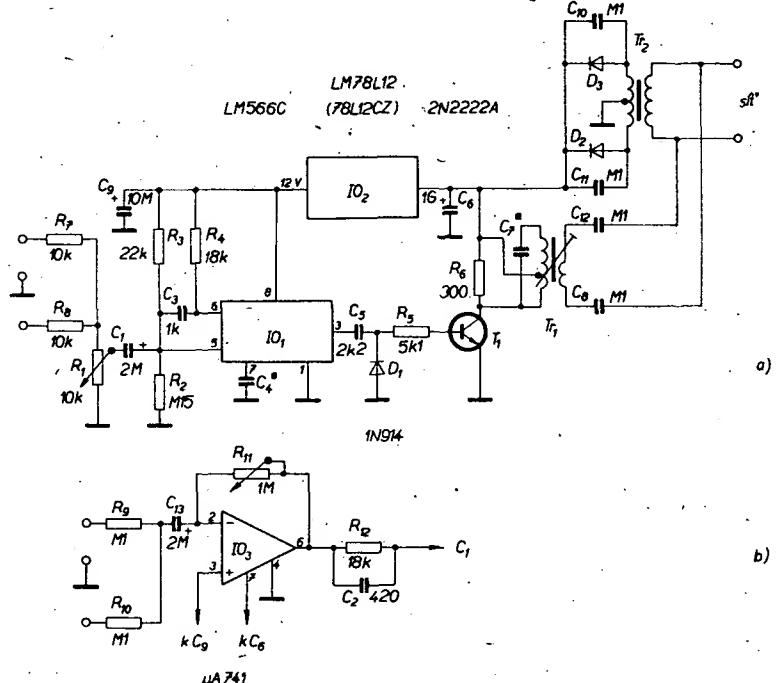
zdvojen, aby bylo možno připojit stereofonní signál. Je-li vstupní signál monofonní, lze vypustit odpory  $R_7$  a  $R_8$  a signál přivádět přímo na horní konec potenciometru  $R_1$ . Chce-li použivatel zařízení např. vést po síti na druhou stranu místnosti (domku) jen jeden ze stereofonních kanálů, musí se vypustit jeden z odporů  $R_7$  nebo  $R_8$  a ke druhému je třeba paralelně připojit kondenzátor  $470 \text{ pF}$ , což zlepší kmitočtovou charakteristiku přenosu až do kmitočtu 20 000 Hz.

Vstupní obvod lze řešit i podle obr. 1b ve dvou případech: především tehdy, odebírá-li se vstupní signál pro vysílač ze zdroje s velkým výstupním odporem a požaduje-li se dobré oddělení obou kanálů stereofonního signálu. Útlum vstupního článku  $RC$  se vyrovnává operačním zesilovačem typu 741, jehož zesílení je v zapojení podle obr. 1b asi (maximálně) 10. Volit zesílení lze volbou odporu  $R_{11}$ .

Protože je systém imunní vůči šumu, není třeba používat v zařízení deemfázi a preemfázi. Pokud by chtěl někdo experimentovat v tomto směru, autor doporučuje pro standardní preemfázi  $75 \mu\text{s}$  změnit  $R_{12}$  na  $180 000 \Omega$ . Pak budou zdůrazněny všechny kmitočty nad 2120 Hz. V příjimači je pak ovšem třeba použít deemfázi.

Kmitočet napětím řízeného oscilátoru s  $IO_1$  je závislý na odporu  $R_4$  a kapacitě kondenzátoru  $C_4$ . Vztah mezi napětím a kmitočtem je u takto zapojeného oscilátoru asi  $\pm 0,66/1 \text{ V}$ . Aby bylo zkreslení signálu co nejmenší, je třeba, aby odchylka kmitočtu byla maximálně 10 %; to vyzaduje, aby mezivrcholové napětí vstupního signálu na vývodu 5 integrovaného obvodu bylo maximálně 0,3 V. Protože se vstupní napětí z magnetofonu nebo z jiného zdroje modulace může měnit od asi 400 do 1500 mV

2x1N4002



(efektivní velikost), musí být  $R_1$  vybrán tak, aby byla splněna podmínka pro velikost napětí na vývodu 5 IO<sub>1</sub>.

Kmitočtově modulovaný výstupní signál na vývodu 3 integrovaného obvodu IO<sub>1</sub> má pravoúhlý průběh a mezivrcholovou velikost asi 6 V. Tento signál se používá k modulaci v frekvenci s tranzistorem T<sub>1</sub>. Jako kolektorová zátěž tranzistor slouží laděný transformátor Tr<sub>1</sub>. Transformátor je laděn na pracovní kmitočet jádrem (celý obvod lze případně dokladit změnou kapacity kondenzátoru C<sub>7</sub>) a je pro tranzistor kolektorovou zátěží s velkou impedancí, takže není třeba používat dodatkové obvody (k omezení proudu T<sub>1</sub>). Protože je mezivrcholová velikost signálu na kolektoru T<sub>1</sub> až 50 V, musí být tranzistor vybrán s U<sub>CE</sub> minimálně 60 V. Modulovaný výstupní signál vysílače je navázán na rozvod sítě kondenzátory C<sub>8</sub> a C<sub>12</sub>.

Kondenzátory paralelně k usměrňovacím diodám mají za úkol potlačit případné rušení signály (které vznikají při usměrňování střídavého napětí), jejichž kmitočet by mohl „padnout“ do oblasti kmitočtů přenášeného signálu.

Obvody přijímače (obr. 1c) mají za úkol zosilit, omezit a demodulovat přijímaný kmitočtově modulovaný signál, rozváděný po sítí. Přijímač musí současně potlačovat šum při absenci nosného signálu. Na vstupu přijímače je laděný obvod, který se nastavuje na kmitočet nosné vlny. Za vstupním obvodem je dvoustupňový omezovač zosilovač, integrovaný zosilovač s fázově uzamykatelnou smyčkou, nf integrovaný zosilovač IO<sub>2</sub>, „umlčovací“ tranzistor T<sub>1E</sub> a T<sub>2</sub>. Přijímač je opět napájen stabilizovaným napětím z integrovaného stabilizátoru s IO<sub>3</sub>.

Kmitočtově modulovaná nosná vlna se na vstupní laděný obvod přivádí přes kondenzá-

tory C<sub>1</sub> a C<sub>2</sub>. K sekundárnímu vinutí laděného obvodu je paralelně připojen odporník, který zmenšuje jeho jakost. Signál nosného kmitočtu na sekundárním vinutí vstupního laděného obvodu může mít amplitudu 0,2 až 45 V (mezivrcholová velikost). Proto je na sekundárním vinutí odběrka v 1/17 počtu závitů; vstupní napětí na bázi T<sub>1A</sub> je (mezivrcholová velikost) asi 12 mV až 2,6 V.

Dvoustupňový omezovač s T<sub>1A</sub> až T<sub>1D</sub> pracuje jako velmi rychlý komparátor, jehož zesílení je asi 3000 při 70 V/μs. Výstupní signál omezovače má pravoúhlý průběh s názevnoším sestupnou hranou 100 ns, jeho velikost je (mezivrcholová) asi 7 V. Výstupní signál z omezovače je přiveden na umlčovač (mute detector) s T<sub>2</sub> po zeslabení děličem s R<sub>12</sub>, R<sub>14</sub>.

Integrovaný obvod PLL pracuje jako úzkopásmový zosilovač/filtr. a demodulátor, jehož výstupní nf signál má velmi značný odstup signál/šum. Vnitřní oscilátor integrovaného obvodu volně kmitá na kmitočet blízkém kmitočtu nosné vlny, kmitočet je určen kapacitou kondenzátoru C<sub>13</sub> a nastavením odporníku R<sub>16</sub>. Použije-li se preemfáze, je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru C<sub>10</sub> na 2200 pF.

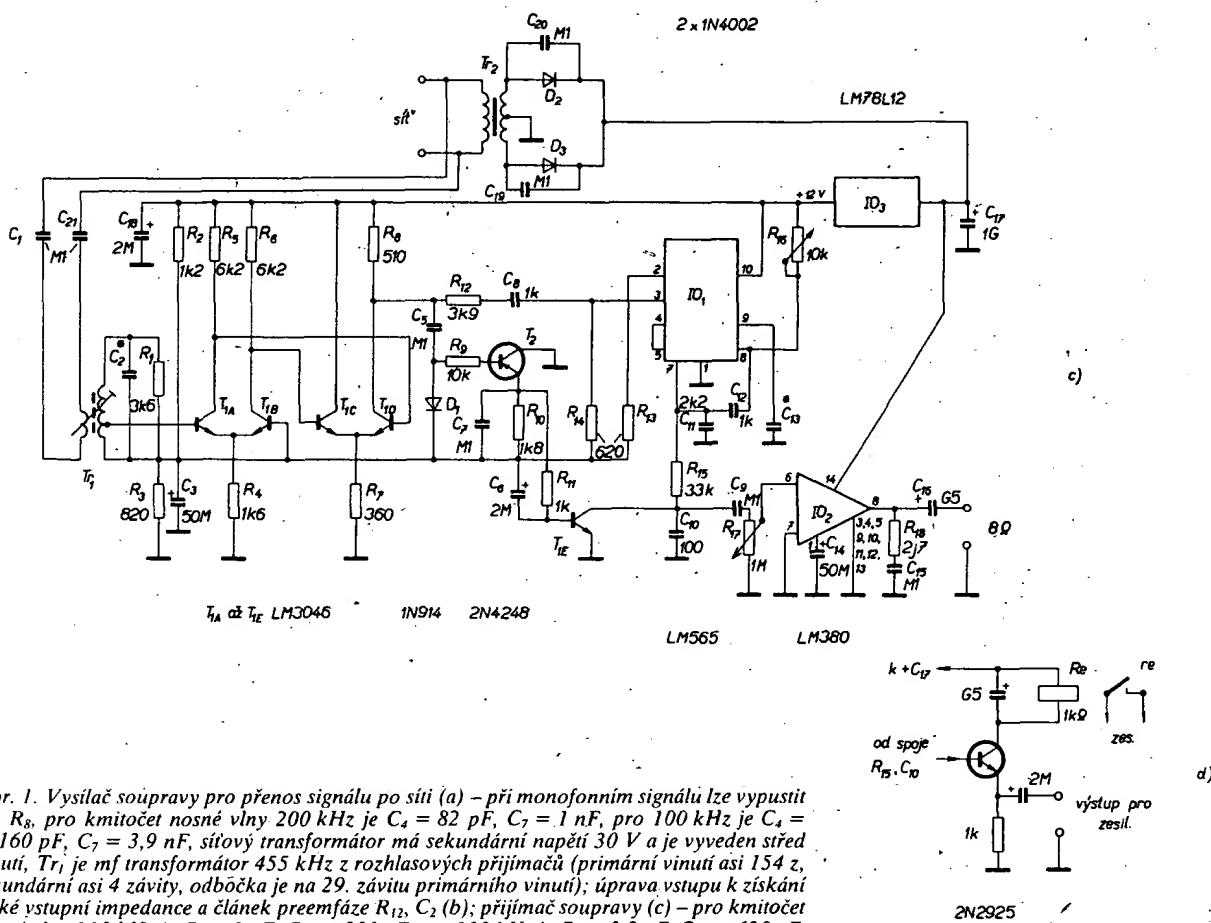
Obvody umlčovače „umlčují“ přijímač, není-li přijímán signál nosného kmitočtu. Podstatně se tím sníží hladina šumu v mezeřách mezi vysíláním. Obvody umlčovače se skládají z kondenzátoru C<sub>7</sub>, diody D<sub>1</sub> a tranzistoru T<sub>2</sub>. Místo běžné diody je ve špičkovém detektoru použit tranzistor jako emitorový sledovač, aby měl obvod detektoru velký vstupní a malý výstupní odporník. To umožňuje spínat detektor malým napětím 1 až 2 mA z tranzistoru T<sub>1E</sub>, aniž by byl zatěžován omezující detektor velkým odběrem proudu. Není-li na vstupu přijímače

signál nosné vlny, předpětím +4 V přes odpory R<sub>10</sub> a R<sub>11</sub> se udržuje tranzistor T<sub>1E</sub> ve vodivém stavu a nf signál je zkratován na zem. Je-li na vstupu přijímače signál nosné vlny, je na výstupu omezujícího zosilovače napětí pravoúhlého průběhu 7 V. Toto napětí je „špičkově“ detekováno, záporné výstupní napětí detektoru projde pak integračním článkem R<sub>8</sub>, C<sub>7</sub>, je „zprůměrováno“ článkem R<sub>10</sub>, C<sub>1</sub> a dále integrováno článkem C<sub>6</sub>, R<sub>11</sub>. Výsledkem je záporné napětí 4 V, které užívá tranzistor T<sub>1E</sub> – demodulovaný signál (nf) projde pak do nf zosilovače.

Na integrovaný zosilovač má výstupní výkon 2 W. Chce-li používatele zařízení získat takový výstupní signál, jímž by se mohl budit výkonový zosilovač, lze použít obvod na obr. 1d. Spínací obvod je napájen z obvodu umlčovače šumu, kontakty relé připojují výkonový zosilovač pouze tehdy, je-li na vstupu přijímače signál nosné vlny.

I když v našich podmínkách by bylo asi mnohem ekonomičtěžší rozvádět signál např. dvoulinkou, je uvedený způsob rozvodu nf signálu zajímavý tím, že se v něm používají moderní integrované obvody a moderní obvodová technika. Proto jsem se snažil, aby byl popis činnosti obvodu dostatečně podrobný.

Při této příležitosti bych chtěl upozornit ještě na jednu okolnost: čas od času se stává, že v zahraničních nebo i našich časopisech se objevují stavební návody na zařízení, která lze používat jako vysílači zařízení, nebo která pracují na kmitočtech, používaných pro spojovací a jiné služby. Tato zařízení budou nelze používat podle našich předpisů vůbec, nebo podléhají schválení, tj. k jejich provozování je si třeba vyžádat svolení od Správy radiokomunikací. Toto omezení platí např. i pro uvedený přístroj k rozvodu signálu po sítí.



Obr. 1. Vysílač soupravy pro přenos signálu po sítí (a) – při monofonním signálu lze vypustit R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub>, pro kmitočet nosné vlny 200 kHz je C<sub>4</sub> = 82 pF, C<sub>7</sub> = 1 nF, pro 100 kHz je C<sub>4</sub> = 160 pF, C<sub>7</sub> = 3,9 nF, síťový transformátor má sekundární napětí 30 V a je vyveden střed vinutí, Tr<sub>1</sub> je mf transformátor 455 kHz z rozhlasových přijímačů (primární vinutí asi 154 z, sekundární asi 4 závity, odběrka je na 29. závitu primárního vinutí); úprava vstupu k získání velké výstupní impedance a článek preemfáze R<sub>12</sub>, C<sub>2</sub> (b); přijímač soupravy (c) – pro kmitočet nosné vlny 200 kHz je C<sub>2</sub> = 1 nF, C<sub>13</sub> = 300 pF, pro 100 kHz je C<sub>2</sub> = 3,9 nF, C<sub>13</sub> = 620 pF, má-li vysílač zavedenou preemfázi, musí se zvětšit kapacita kondenzátoru C<sub>10</sub>, síťový transformátor má sekundární napětí 30 V a střed vinutí je vyveden zvlášť, Tr<sub>1</sub> je mf transformátor, stejný jako v přijímači, pouze odběrka na sekundárním vinutí je na 9. z; na poslední části obr. 1 (d) je úprava nf části přijímače k získání výstupního signálu pro výkonový zosilovač

Popisy podobných přístrojů je pak třeba vždy brát pouze jako technickou informaci o použitých principech nebo o použitých součástkách, a nikoli jako stavební návody.

Dále se věnujeme zajímavým obvodům v tom pořadí, jaké se již v minulosti osvědčilo – nejprve si popíšeme několik zapojení zdrojů a nejrůznějších napáječů, dále zapojení z měřicí techniky, přijímací techniky atd.

## Zdroje, napáječe, nabíječe, regulátory

### Jak navrhovat výkonový zdroj

Protože základním přístrojem, který by neměl chybět v žádné amatérské ani profesionální „dílně“, je síťový zdroj, pokusím se popsat návrh a realizaci tohoto zařízení od samého počátku, včetně výkladu základních pojmu.

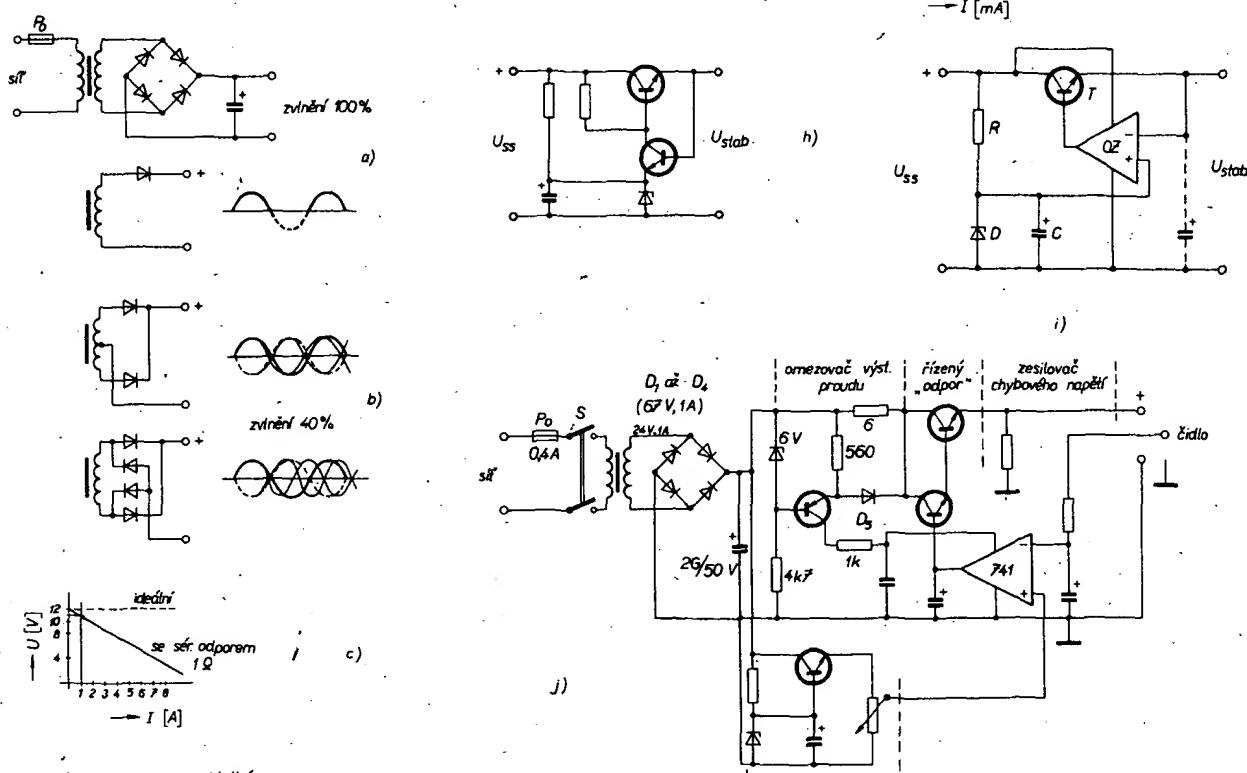
Nejjednodušším zdrojem s výhodnými vlastnostmi je zapojení na obr. 2a. Síťové napětí se převede na žádanou velikost síťovým transformátorem, sekundární napětí se usměrní diodovým (tzv. Graetzovým) můstkom. Na výstupu můstku je pulsující napětí. Aby se získalo výstupní napětí odpovídající stejnosměrnému napětí z baterie, je ho třeba vyhladit (filtrovat) elektrolytickým kondenzátorem.

Volba transformátoru závisí na požadovaném výstupním stejnosměrném napětí a proudu. Chceme-li ze zdroje odebírat např.

napětí 12 V a proud 0,5 A, byl by vhodný transformátor např. se sekundárním napětím 12,6 V, 0,5 A, který se často používá jako zážehový transformátor v elektronkových přístrojích. Aby byla splněna pravidla bezpečnosti provozu, je vždy třeba chránit zdroj pojistkou. Pojistku lze dimenzovat takto: primární napětí na transformátoru (tj. napětí sítě) dělíme sekundárním napětím. Bude-li tedy sítě např. 120 V, sekundární napětí 12 V, bude výsledek  $120/12 = 10$ . Tímto číslem budeme dělit maximální požadovaný výstup-

ní proud. Bude-li tento proud např. 500 mA, bude  $500/10 = 50$  mA; 50 mA je proud odebíraný ze sítě, primární proud. Konečně budeme násobit tento proud asi pěti, čímž získáme proud, na jaký má být dimenzována pojistka. V našem případě pak tedy  $50 \times 5 = 250$  mA. Pojistka bude tedy na 0,25 A.

Jako usměrňovač nemusí být samozřejmě použity čtyři diody, na obr. 2b jsou možné způsoby zapojení usměrňovačů. K jednotlivým způsobům je třeba říci stručně, že při



Obr. 2. Návrh síťových zdrojů: a – základní nejužívanější zapojení, b – tři základní zapojení usměrňovačů, c – úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje, d – ideální a skutečné napětí zdroje, e – stabilizace napětí Zenerovou diodou, f – základní zapojení stabilizátoru se Zenerovou diodou a tranzistorem v zapojení emitorového sledovače, obvod zesiluje proud a nemá napěťový zisk, g – praktické zapojení stabilizátoru – emitorového sledovače, tranzistor  $T_1$  zmenšuje nutnou výkonovou ztrátu Zenerové diody, výstupní napětí lze regulovat potenciometrem, h – stabilizátor se sítimacím tranzistorem, i – stabilizátor s operačním zesilovačem jako zesilovačem chybového napětí, j – základní schéma zapojení stabilizátoru se zdrojem referenčního napětí, obvodem k omezení výstupního proudu, výkonovým členem (řízeným „odpor“) a se zesilovačem chybového napětí

jednocestném (původním) usměrňení je třeba používat vyhlazovací kondenzátor s mnohem větší kapacitou, než při druhých dvou základních zapojeních usměrňovačů. Jednocestné usměrňení používáme proto zásadně pouze tam, kde se vyžaduje velmi malý odběr proudu, nebo u zařízení, u nichž na jakosti vyhlazení nezáleží. Dvocestný (celovlnný) usměrňovač vyžaduje transformátor s vyvedeným středem sekundárního vinutí, usměrňené pulsující napětí má při síti 50 Hz opakovací kmitočet 100 Hz, dobré se filtrouje. Při jednocestném i dvocestném usměrňení musí mít diody závěrné špičkové napětí nejméně čtyřikrát větší, než je efektivní střidavé napětí, které usměrňují. Je-li tedy efektivní napětí na sekundárním vinutí 12 V (měříme ho např. Avometem na střidavých rozsazích), musí mít diody závěrné špičkové napětí nejméně asi 50 V. U můstkového usměrňovače se čtyřmi diodami mohou však být použity diody pouze s takovým špičkovým závěrným napětím, které je dvojnásobkem efektivního napětí na sekundárním vinutí transformátoru.

Dále si uvedeme, jak lze alespoň přibližně určit vhodnou kapacitu vyhlazovacího kondenzátoru. Nejprve si z napájecího stejnosměrného napětí a z odebíraného proudu vypočítáme odpor, který má zátěž (napájený přístroj). V našem případě při 12 V a 0,5 A je to (z Ohmova zákona)  $12/0,5 = 24 \Omega$ . Dále si vypočítáme periodu zvlnění usměrňovaného napětí, což je reciproká hodnota kmitočtu zvlnění. Kmitočet zvlnění je při celovlnném a můstkovém zapojení 100 Hz, jeho převratná (reciproková) hodnota je tedy  $1/100$ , tj. 0,01 s nebo 10 ms. Kapacita vyhlazovacího kondenzátoru musí mít spolu se zátěžovým odporem takovou časovou konstantu, která bude alespoň třikrát větší, než je perioda napěťového zvlnění, to jest  $C = 3 \times 10 \text{ ms}/24 \Omega = 1250 \mu\text{F}$ . Vypočítaná kapacita vyhlazovacího kondenzátoru je nejmenší kapacitou, která by se v praktickém zapojení měla použít.

Neméně důležité než kapacita kondenzátoru je i jeho provozní napětí, které musí být vždy větší, než je špičkové sekundární napětí transformátoru. V našem případě je efektivní sekundární napětí 12,6 V, špičkové je tedy  $12,6 \times 1,414 = 18 \text{ V}$  (součinitel 1,414 je odmocnina ze dvou). Bezpečné jmenovité napětí kondenzátoru by tedy mělo být asi 20 až 25 V.

Takto navržený zdroj má však pro běžné použití několik nevýhod, především tu, že se jeho výstupní napětí bude měnit se změnou odporu zátěže i se změnou vstupního (sírového) napětí. Závislost změny výstupního napětí na odběru proudu při vnitřním odporu zdroje  $1 \Omega$  je na obr. 2c. V našem případě (zdroj 12 V) výstupní napětí zdroje bez zátěže závisí především na odporu vinutí transformátoru, výstupní napětí proto může být až 18 V, při odběru 500 mA bude asi 16 V (viz obr. 2d). Rozdíl napětí bude tedy asi 2 V. To znamená, že vnitřní odpór zdroje je tedy  $R = U/I = 2 \text{ V}/500 \text{ mA} = 4 \Omega$ . Při výpočtu je pak třeba tento vnitřní odpór vždy uvažovat; v našem případě je k němu třeba přičíst ještě  $8 \Omega$  (sériový odpór), abychom u zdroje s napětím napřímo 18 V dostali požadovaných 12 V při jmenovité zátěži (500 mA). Bude-li zátěž menší než jmenovitá, bude výstupní napětí větší než jmenovitá.

Aby bylo výstupní napětí konstantní, lze na výstup zdroje připojit Zenerovu diodu (nejjednodušší stabilizace výstupního napětí). Zenerova dioda (podle druhu) dobré stabilizuje výstupní napětí až do toho stavu, kdy je proud do zátěže stejný jako její Zenerův proud (je uveden v katalogu). Proto je vždy třeba, aby proud Zenerovou diodou byl větší než proud odebíraný zátěží. Pro nás případ (proud do zátěže 0,5 A) byl vhodný proud Zenerovou diodou asi pětkrát větší, než je proud do zátěže, tj. 2,5 A. Protože

výkon = proud  $\times$  napětí, to jest  $P = 12 \text{ V} \times 2,5 \text{ A} = 30 \text{ W}$ , musela by mít Zenerova dioda dovolenou ztrátu alespoň 30 W. Takové Zenerovy diody jsou velmi drahé, proto tyto prvky používáme převážně pouze pro malé odebírané proudy. Pro nás zdroj např. chceme použít Zenerovu diodu 12 V se ztrátou 1 W. V tom případě ovšem nemůžeme odebírat proud 500 mA, ale např. 80 mA, bude-li by dovolený Zenerův proud diody např. 83 mA. Předřadný odpór v sérii s diodou vypočítáme z Ohmova zákona takto: napětí na elektrolytickém kondenzátoru za usměrňovacími diodami je např. 17 V. Zenerova dioda má Zenerovo napětí 12 V. Rozdíl obou napětí je tedy 5 V. Zenerův proud diody je např. 83 mA. Předřadný odpór tedy bude  $R = U/I = 5 \text{ V}/83 \text{ mA} = 60,2 \Omega$ . Vzhledem ke kolísání napětí v síti by bylo vhodné zvolutit odpor 68  $\Omega$ . Výkonová ztráta na sériovém odporu potom je  $P = UI = 5 \text{ V} \times 83 \text{ mA} = 415 \text{ mW}$ , odpor by měl být tedy na záťžení nejméně 0,5 W, nejlépe by využel odpor 68  $\Omega/1 \text{ W}$ .

Pro větší odběr proudu je vhodné uspořádání zdroje stabilizovaného napětí na obr. 2f. Tranzistor je zapojen jako emitorový sledovač, který nemá napěťový zisk, zato však zlepšuje proud. K návrhu potřebujeme především vědět, jakou výkonovou ztrátu mají mít použité prvky zapojení. Proudové zlepšení tranzistoru určuje v tomto případě potřebnou výkonovou ztrátu Zenerovy diody. Je-li např. použita dioda a odpor z obr. 2e a má-li tranzistor proudové zlepšení 10, lze z obvodu odebírat proud 830 mA (Zenerův proud  $\times$  proudové zlepšení). Je zřejmé, že čím větší bude proudové zlepšení tranzistoru, tím větší proud bude možno odebírat. Výkonovou ztrátu tranzistoru lze pak určit jednoduše ze dvou údajů, z úbytku napětí na tranzistoru a z maximálního výstupního proudu stabilizátoru. Bude-li na kolektoru tranzistoru např. 16 V, na emitoru (výstup) 12 V, je úbytek napětí na tranzistoru 4 V. Jeho výkonová ztráta při proudu 830 mA je  $P = UI = 4 \text{ V} \times 0,83 = 3,32 \text{ W}$ . Tak tedy vyhoví tranzistor s kolektorovou ztrátou např. 5 W, který opatříme chladičem.

Protože výkonové tranzistory mívají poměrně malé proudové zlepšení, lze v tomto typu zapojení použít místo jednoho tranzistoru tzv. Darlingtonovo zapojení se dvěma tranzistory, jehož proudové zlepšení je podstatně větší (obr. 2g).

V zapojení podle obr. 2f si můžeme ještě určit potřebný minimální proud báze tranzistoru, chceme-li např. odebírat ze zdroje 500 mA. Má-li tranzistor zlepovací činitel (proudové zlepšení) 10, bude potřebný minimální proud báze  $500/10 = 50 \text{ mA}$ . Vzhledem k bezpečnosti provozu byvá zvykem uvažovat jako základní proud báze dvojnásobek minimálního proudu báze, v našem případě tedy 100 mA. Nebude-li tedy výstup stabilizátoru zatížen, poteče tento bázový proud Zenerovou diodou, tu je tedy třeba volit na záťžení  $U_Z \times 100 \text{ mA}$ , tj.  $12 \times 0,1 = 1,2 \text{ W}$ . Bude-li však zlepovací činitel tranzistoru dvakrát větší, než jsme uvažovali v prvním případě, tj. 20, bude základní proud báze pouze poloviční, a proto i ztráta Zenerovy diody bude pouze poloviční, tj. 600 mW.

V tomto zapojení (obr. 2f) lze využít ještě jedné „zvláštnosti“, a to faktu, že zapojíme-li paralelně k Zenerově diodě elektrolytický kondenzátor, bude napětí na bázi tranzistoru vyhlazeno tak, jako by byl připojen kondenzátor o kapacitě, která se rovná kapacitě použitého elektrolytického kondenzátoru, násobené zlepovacím činitelem tranzistoru. Např. bude-li kapacita kondenzátoru  $10 \mu\text{F}$  a bude-li zlepovací činitel tranzistoru 10, bude se navenek jevit účinek kondenzátoru tak, jako by měl kapacitu  $10 \times 10 \mu\text{F}$ , tj.  $100 \mu\text{F}$  (obr. 2g).

K regulaci výstupního napětí lze použít základní zapojení podle obr. 2g (potenciometr paralelně k Zenerově diodě).

Zatím probíraná základní zapojení stabilizátorů mají několik nevýhod, především nereagují na změnu vstupního napětí příslušnou změnou výstupního napětí. Proto se přesnéjší stabilizátory doplňují tzv. zlepovací chyběvým napětím. Chyběvé napětí je napětí, o které se mění výstupní stabilizované napětí zdroje vzhledem ke své jmenovité velikosti.

Jako zlepovací chyběvým napětím může být použit např. tranzistor v zapojení se společným emitem (obr. 2h). Přitom tranzistor musí pracovat pouze tehdy, mění-li se výstupní napětí od požadované velikosti. To lze zajistit mnoha způsoby, k nejjednodušším patří způsob na obr. 2h, při němž je v emitoru tranzistoru zapojena Zenerova dioda se Zenerovým napětím shodným s výstupním (požadovaným) napětím.

Potřebný proud bázového výkonového tranzistoru lze určit i pro zapojení na obr. 2h shodně jako u obr. 2f. Kolektorový odpór tranzistoru zlepovací chyběvým napětím musí být tedy určen tak, aby byl zajištěn potřebný proud bázového výkonového tranzistoru. Pro vstupní napětí 16 V, výstupní napětí 12 V je tedy třeba jako kolektorový odpór  $T_1$  pro proud bázové  $T_2$  25 mA odpor asi  $160 \Omega$ , pro proud bázové  $T_1$  50 mA asi  $80 \Omega$ . Přitom pochopitelně, není-li požadovaný odpór v řadě, můžeme použít větší odpór až asi o 10 i více procent.

K zajištění výstupního napětí co nejstálejší velikosti je třeba, aby měl zlepovací chyběvým napětím co největší zlepšení; i malé odchylky od nastavené velikosti výstupního napětí se pak na výstupu zlepovacího zlepovacího projeví jako velká změna jeho výstupního napětí a celý stabilizátor reaguje „ostřejí“. Proto se jako zlepovací výstupního napětí používá často Darlingtonův pář tranzistorů, popř. operační zlepovací. Zapojení s operačním zlepovacím je na obr. 2i.

Moderní zdroje se všemi dosud popsanými částmi stabilizátoru (a navíc ještě s obvodem, který omezuje maximální výstupní proud, s tzv. elektronickou pojistkou) je na obr. 2j. Zapojení se skládá ze základního usměrňovače s vyhlazovacím kondenzátorem, z obvodu, omezujícího proud, z výkonového tranzistoru v Darlingtonovém zapojení, ze zlepovací chyběvým napětím a ze zdroje referenčního napětí pro zlepovací chyběvým napětě.

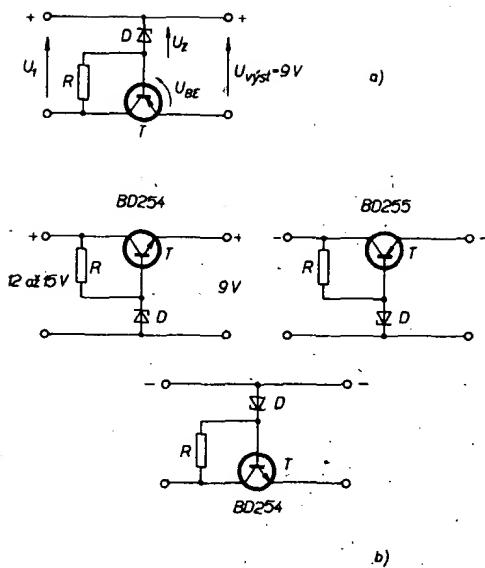
Z článku je zřejmé, jak lze jednoduchým způsobem určit základní prvky nejpoužívanějších obvodů; i když se při výpočtech i v popisu obvodu používají některá zjednodušení, pro praxi je podobné určení prvků zcela využívající.

Popular Electronics červen 1975

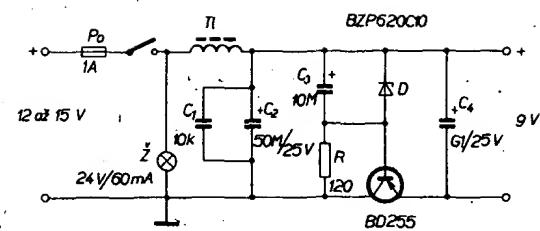
### Stabilizovaný zdroj napájecího napětí pro elektronické spotřebiče v motorových vozidlech

Často se vyskytne potřeba napájet přístroje jako jsou rozhlasové (přenosné) přijímače, magnetofony atd. z akumulátoru motorového vozidla. Protože však většinou není napájecí napětí těchto spotřebičů shodné s napětím palubní sítě, je třeba toto napětí změnit na potřebnou velikost, obvykle 6, 7, 5 nebo 9 V. Přitom napětí palubní sítě je u velké většiny osobních aut za provozu 12 až 15 V.

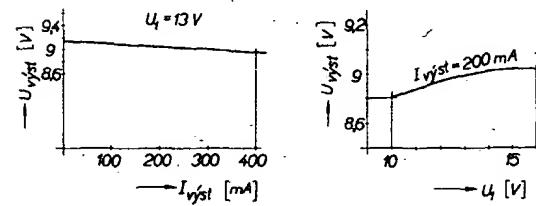
Pro základní úvahu, jak zmenšit napětí palubní sítě na požadovanou velikost, je třeba vycházet z předpokládaného odběru proudu. Běžné tranzistorové přijímače mají za provozu v autě (vzhledem k větší nutné



b)



c)



d)

Obr. 3. Základní zapojení stabilizovaného zdroje (a) a tři možné způsoby zapojení výkonového tranzistoru (b). Schéma zapojení zdroje 9 V/400 mA (c) a jeho charakteristiky (d). Jako Zenerovu diodu lze použít vhodný typ z řady KZZ (podle požadovaného výstupního napětí), tranzistor nemá přesný čís. ekvivalent (na trhu není křemíkový tranzistor p-n-p většího výkonu).

hlasitosti reprodukce) odběr proudu průměrně až 150 mA, kazetové magnetofony až 300 i více mA.

Jako příklad řešení si uvedeme návrh zdroje s výstupním napětím 9 V pro odběr proudu max. 400 mA, který vyhoví pro velkou většinu přístrojů. Základní zapojení zdroje stabilizovaného napětí je na obr. 3a. Základními prvky zdroje jsou výkonový tranzistor a Zenerova dioda. Výkonová ztráta na tranzistoru je v nejhorším případě (tj. pro napětí palubní sítě 15 V):  $(15 V - 9 V) \times 400 \text{ mA} = 2400 \text{ mW}$ , to je 2,4 W. Použije-li se křemíkový tranzistor BD254 nebo BD255 (polské výroby), zjistíme z katalogu, že nejmenší zesilovací činitel tranzistoru při proudu 400 mA může být až 40. Potřebný proud báze bude tedy

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21E}} = \frac{400}{40} = 10 \text{ mA.}$$

Napětí báze-emitor křemíkového tranzistoru je vždy asi 0,7 V, proto napětí Zenerovy diody musí být  $9 + 0,7 \text{ V} = 9,7 \text{ V}$ .aby byly splněny pracovní podmínky pro Zenerovu diodu, nesmí být její Zenerův proud menší než 5 mA, proto

$$I_Z = I_B + 5 \text{ mA} = 10 + 5 = 15 \text{ mA.}$$

Na diodě se potom ztrácí výkon  $P = I_Z U_Z = 15 \text{ mA} \times 9,7 \text{ V} = 145 \text{ mW}$ . Vzhledem k bezpečnosti provozu volíme proto diodu s dovolenou ztrátou nejméně 200 mW (polštý typ BZP620C10).

Sériový odpór  $R$  vypočítáme ze vztahu

$$R = (U_1 - U_Z) / I_Z = \frac{12 \text{ V} - 9,7 \text{ V}}{15 \text{ mA}} = 153,3 \Omega,$$

volíme nejbližší nižší odpór v řadě, tj. 150  $\Omega$ , 0,25 nebo lépe 0,5 W. Typ výkonového tranzistoru (p-n-p nebo n-p-n) zvolíme podle toho, zda má auto na kostce kladný nebo záporný pól akumulátoru. Varianty možného zapojení jsou na obr. 3b.

Realizované zapojení je na obr. 3c. Zdroj byl konstruován především pro kazetový magnetofon MK 125, jehož žádné vnější části nejsou vodiči spojeny se „zemí“ přístroje, proto bylo zvoleno zapojení s tranzis-

tem p-n-p. U takto zapojeného tranzistoru lze navíc využít kostru kterékoliv části auta jako chladiče (kolektor je spojen s pouzdrem tranzistoru). Tlumivka a kondenzátory  $C_1$  až  $C_3$  slouží k ochraně před rušením, napájí-li se ze zdroje rozhlasový přijímač. Až na  $C_3$  je lze ze zapojení vypustit, budeme-li ze zdroje napájet pouze kazetový magnetofon.

Použije-li se místo Zenerovy diody s napětím 9,7 V dioda s patřičně menším napětím, lze na výstupu zdroje získat napětí 6, popř. 7,5 V. V obou případech se však zvětší výkonová ztráta tranzistoru.

Tlumivka je navinuta na feritovém hrnčkovém jádru polštý výroby a má indukčnost asi 5 mH, použitý drát má průměr 0,4 mm, počet závitů je 100. Tranzistor je upevněn na chladiči o rozměrech asi  $85 \times 55 \times 50 \text{ mm}$  (deska z hliníkového plechu). Činnost přistroje signalizuje žárovka  $Z$ .

Závislosti výstupního napětí na odebírání proudu a na vstupním napětí jsou na obr. 3d.

Radioamatér i krátkofalowiec č. 2/1976

#### Stabilizovaný zdroj pro výstupní napětí obojí polarity

K napájení lineárních integrovaných obvodů je v některých případech (především u integrovaných operačních zesilovačů) třeba zdroj s výstupním napětím obojí polarity, tj. s kladnou i zápornou napájecí větví.

Obvod, jehož schéma je na obr. 4, umožňuje při vstupním napětí 10 až 40 V získat výstupní napětí obojí polarity v mezech 5 až 20 V. V zapojení jsou použity odpory s jednoprocentní tolerancí, pro menší nárok lze však použít odpory s tolerancí 5 % (nejbližší hodnoty z normalizované řady).

Požadované výstupní napětí lze nastavit tak, že se připojí dva stejně odpory v sérii na výstupy kladné a záporné větve. Mezi spoj těchto odporek a společný vývod zdroje (zem) se připojí citlivý voltmetr. Trimrem v bázi tranzistoru  $T_1$  se nastaví nula voltmetri. Pak je za provozu v obou větvích zdroje stejné napětí, ovšem opačné polarity.

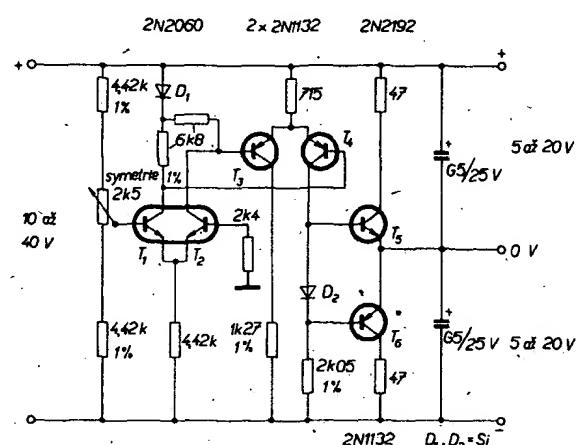
Je samozřejmé, že výstupní napětí se mění podle velikosti vstupního napětí.

Tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  jsou ve společném pouzdro a zabezpečují souměrnost výstupního napětí spolu se stejnými odpory vstupního dílu (4,42 k $\Omega$ ). Díky souměrnosti zapojení je proud tranzistorů  $T_4$  a  $T_5$  poměrně malý. Bude-li zdroj nastaven tak, že napětí jedné polarity bude větší než druhé, je třeba oba koncové tranzistory chladit, popř. použít výkonové typy.

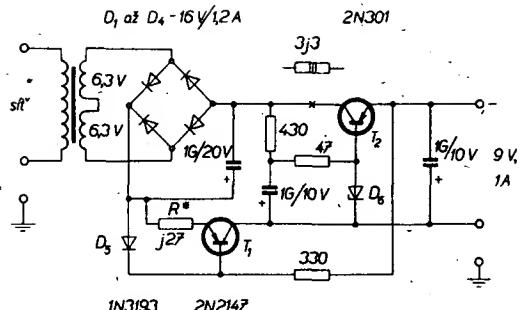
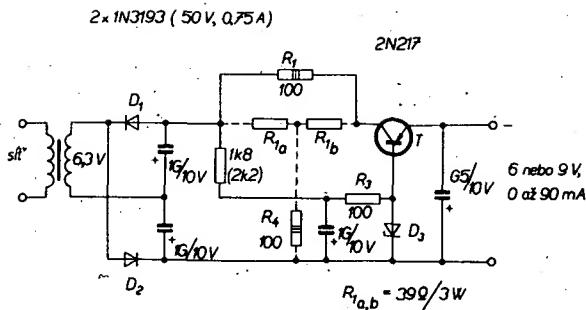
Místo  $T_1$  a  $T_2$  lze použít dva tranzistory KC508 v jednom pouzdro.

Tranzistory  $T_3$  a  $T_4$  stejně jako  $T_5$  a  $T_6$  je třeba párovat tak, aby při použití napájecím napětí měly jejich parametry shodu alespoň na 5 %.

Radio-Electronics červen 1974



Obr. 4. Stabilizovaný zdroj se souměrným výstupním napětím. Tranzistory p-n-p lze nahradit typy KFY16 či KFY18, 2N2192 typem KF506 až KF508, popřípadě KFY36 (KFY48).



Obr. 5. Napájecí síťové zdroje. Zdroj pro přístroje s odběrem proudu do 90 mA (a). Diodu  $D_3$  volíme podle požadovaného výstupního napětí:  $U_2$  bude 6 V, volíme-li výstupní napětí 6 V,  $U_1$  bude 9 V, volíme výstupní napětí 9 V. Zdroj pro přístroje s odběrem proudu do 1 A je na obr. 5b. Pro výstupní napětí 6 V je třeba do série s emitem  $T_2$  vložit odpor 3,3  $\Omega$ /3 W a místo 430  $\Omega$  použít odpor 680  $\Omega$ . Odpor  $R^*$  je třeba zvolit tak, aby pojistka spolehlivě pracovala při odběru proudu větším, než asi 1,2 A

## **Síťové napáječe s výstupním napětím 6 nebo 9 V**

Velká většina tranzistorových přijímačů, kazetových magnetofonů a podobných přístrojů je napájena z baterií o napětí 6 nebo 9 V. Chceme-li je napájet ze sítě, bývá obvykle největším problémem, jak sehnat nebo zhotovit vhodný síťový transformátor.

Výhodným řešením je použít jakýkoli transformátor ze starých elektronkových přístrojů, který má vinutí pro žhavení elektronek. Takové transformátory se často sezenou i ve výrodejí, kromě žhavícího vinutí 6,3 V mívají i další žhavící vinutí, většinou buď 5 V, nebo opět 6,3 V.

Zapojení zdroje s takovými transformátory je na obr. 5a a 5b. Zdroj na obr. 5a umožňuje při výstupním napětí 6 nebo 9 V odběr proudu až do 100 mA. Diody  $D_1$  a  $D_2$  jsou zapojeny jako zdvojovávací napětí, mohou být použity libovolné křemíkové diody pro napětí až 50 V s dovoleným proudem v propustném směru až 300 až 500 mA. Zapojení je tzv. regulátor (nebo stabilizátor) se sériovým výkonovým tranzistorem, jeho výstupní

napětí je zhruba stejně jako Zenerovo napětí diody, která je zapojena v bázi tranzistoru. Proto při požadovaném výstupním napětí 6 V použijeme Zenerovu diodu se Zenerovým napětím 6 V, pro 9 V se Zenerovým napětím 9 V. Pro zapojení se Zenerovou diodou s napětím 9 V piatí zapojení, kreslené plnými čarami, pro diodu se Zenerovým napětím 6 V nahradíme odpor  $R_1$  odpory  $R_{1a}$  a  $R_{1b}$ , dále přidáme odpor  $R_2$  – úpravy jsou na obr. 5a nakresleny přerušovanou čarou.

Zvlnění výstupního napětí je menší než 0,5 mV. Odpor  $R_1$  chrání výkonový tranzistor před zničením při zkratu nebo přetížení výstupu. Odpor je zvolen tak, aby maximální výstupní proud byl asi 150 mA, a to při plném zkratu na výstupu.

Zapojení na obrazovku je navrženo pro výstupní napětí 6 nebo 9 V a pro maximální výstupní proud 1 A. Zvlnění výstupního napětí je při odběru proudu 1 A menší než 10 mV, pro menší výstupní proudy je mnohem menší. Efektivní stejnosměrný odpor zdroje (vnitřní odpor) je menší než 0,4  $\Omega$ , výstupní impedance je dána kapacitou výstupního kondenzátoru (1000  $\mu$ F).

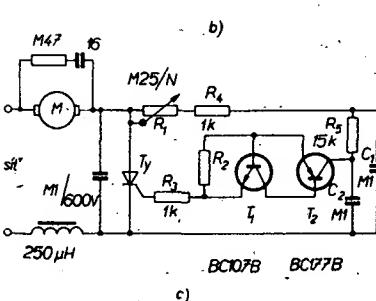
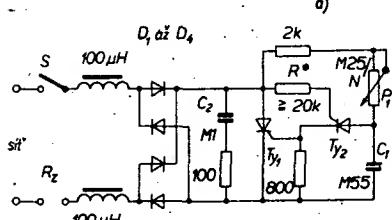
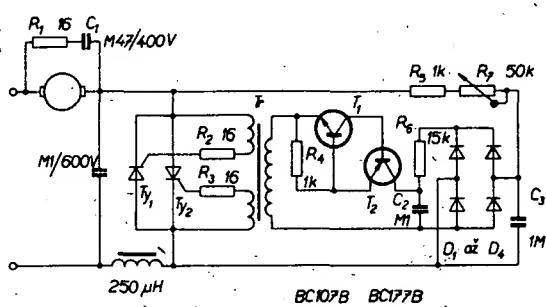
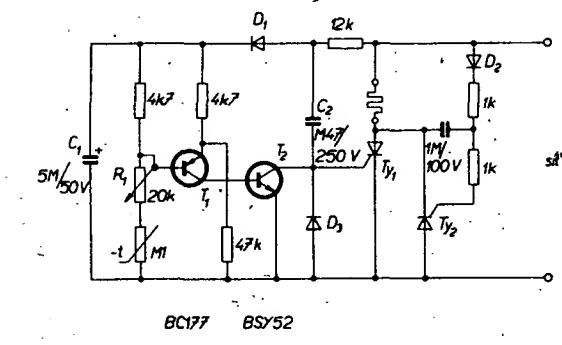
Tranzistor  $T_1$  zdroje pracuje jako elektro-  
nická pojistka. Při odběru proudu do 1 A má  
tranzistor takové předpětí, že je v saturaci,  
proto je jeho efektivní odpor velmi malý.  
Zvětší-li se výstupní proud nad zvolenou  
velikost (tj. asi nad 1 až 1,1 A), změní se  
předpětí tranzistoru tak, že se tranzistor  
uzavře. To se navenek projeví tak, že se  
tranzistor může přiřovnat k rozpojenému  
spínači, který přeruší jednu z větví výstupní-  
ho napětí. Proud, při němž má zdroj „vy-  
pnout“, se nastavuje změnou odporu 0,27  $\Omega$   
v emitoru tranzistoru  $T_1$ .

Jako usměrňovací diody lze na obr. 5b použít jakékoli křemíkové nebo germaniové diody se závěrným napětím asi 20 V pro proud 2 až 3 A.

*Electronics Australia prosinec 1974*

## Příklady konstrukcí s tyristory polské výroby

Polský elektronický průmysl vyrábí množství tyristorů, jejichž parametry byly uveřejněny v polském časopisu *Radioamator* i krát-



Obr. 6. Zapojení s tyristory polské výroby; a - regulátor teploty. Termistor má odpor 100 k $\Omega$  při teplotě 20 °C, tranzistor  $T_1$  je typu p-n-p, lze ho nahradit typem KFY18 (nebo KFY16),  $T_2$  je spinaci tranzistor n-p-n, podobný typu KSY34, diody  $D_1$  a  $D_2$  jsou krémikové diody (polští označení BYP401-100), lze je nahradit typem KY703 nebo KY704,  $D_3$  je typu BAP619, lze ji nahradit např. typem KA503. Tyristory jsou typu BTP2/400, popř. pro větší spinané výkony BTP7/400, tj. mají závěrné napětí 400 V a lze jim spinat proudy 2 A, popř. 7 A, b - regulátor výkonu. Diody v můstku mají závěrné napětí 400 V, maximální proud je 100 mA, tyristor  $T_2$  (BTP2/25) má závěrné napětí 25 V a dovolený proud až 2 A,  $T_3$  má závěrné napětí 400 V a maximální proud (podle typu) až 10 A, c - regulátor rychlosti otáčení motorů o výkonu maximálně 450 W, tranzistor BC107B lze nahradit typem KC507; tranzistor BC177B je doplňkový typ p-n-p k tranzistoru KC507 (není u nás na trhu), tyristor je pro napětí 400 V a proud 3 A, d - celovlnný regulátor rychlosťi otáčení motorů (s impulsním transformátorem), transformátor je na jádru EI36, primární vinutí má 200 závitů a  $\varnothing 0,2$  mm CuL sekundární  $2 \times 180$  z steiného drátu

kofalowiec č. 12/1975. V prvním čísle letošního ročníku byly základní údaje doplněny několika zajímavými aplikacemi různých typů tyristorů v běžných i méně běžných zapojeních. Pro toto číslo AR-B jsme výběrili několik u nás zatím méně publikovaných typů zapojení.

Na obr. 6a je zapojení k regulaci teploty. Jako možné způsoby použití uvádí autor regulaci teploty elektrických podušek, nádob s nápoji pro nemluvnata, vzduchu elektrických vysoušečů vlasů apod. Regulace je možná v mezech 0 až 90 °C.

Cílem, snímajícím a reagujícím na teplotu je termistor v bázi tranzistoru  $T_1$ . Vyhřívání těleso hřeje pouze tehy, vede-li tyristor  $T_1$ . Po dobu průtoku proudu tyristorem  $T_1$  se současně přes diodu  $D_2$  nabíjí kondenzátor  $1 \mu F$ , jeho náboj způsobí, že v určitém okamžiku povede i tyristor  $T_2$ .

Obvod s oběma tranzistory je napájen stejnosměrným napětím, které se získá usměrněním střídavého napětí a jeho vyhlazením kondenzátorem ( $D_1$ ,  $C_1$ ). Teplota, při níž se uvádí tyristor  $T_1$  a následně i tyristor  $T_2$  do nevodivého stavu, se volí nastavením potenciometru (proměnného odporu)  $R_1$ .

Na obr. 6b je tyristorový výkonový regulátor. Lze ho použít k regulaci činné (odporové) zátěže, popř. i k regulaci rychlosti otáčení kolektových motorů. Podle typu použitého tyristoru  $T_1$  lze regulovat zátěže od 400 do 2000 W.

Obvody vlastního regulátoru jsou napájeny stejnosměrným napětím, získaným usměrněním síťového napětí Graetzovým usměrňovačem. Činnost tyristoru se ovládá fázovacím článkem  $P_1$ ,  $C_1$ . Náboj kondenzátoru  $C_1$  ovládá přes tyristor  $T_2$  otevření a zavírání tyristoru  $T_1$ . Spínání tyristoru  $T_1$  se řídí nastavením potenciometru (proměnného odporu)  $P_1$ . Tyristor  $T_2$  má závěrné napětí alespoň 80 V. Odpor  $R$  v jeho řídící elektrodě je třeba vybrat experimentálně (měl by být větší než asi 20 kΩ).

Zapojení na obr. 6c a 6d slouží k regulaci rychlosti kolektových motorů, lze je však použít i jako stmívače apod. Se součástkami podle obr. 6c lze regulovat rychlosť otáčení motorů do příkonu asi 450 W; regulace je možná v mezech 30 až 170 °, v zapojení na obr. 6d lze regulovat rychlosť motorů těž do příkonu 450 W, regulace je možná v mezech 30 až 170 °.

V zapojení na obr. 6c se proud tyristorem a tím i rychlosť otáčení motoru řídí velikostí časové konstanty článku ( $R_1 + R_4$ )  $C_1$ . Tyristor se otevří a zavírá přes dvojici doplnkových tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$ .

Rychlosť otáčení motoru na obr. 6d závisí na časové konstantě článku  $R_1 C_3$ . Obvod se dvěma tranzistory a transformátorem vytváří impulsy, které otevírají tyristor. Impulzy mají délku asi 10 ms. Impulsní transformátor umožnuje řídit jedním signálem na primární straně dva tyristory tak, že regulace probíhá v obou půlvlnách střídavého proudu (na rozdíl od zapojení na obr. 6c, u něhož jde o regulaci jen v jedné půlvlně střídavého proudu).

Radioamator i krátkofalowiec č. 1/1976

### „Multinabíječ“ baterií

Popisovaný nabíječ uhlíkzinkových baterií může nabíjet současně až čtyři různé baterie (odtud též název „multinabíječ“, jde o přesný překlad z originálu – multicharger). O dobíjení běžných baterií bylo před časem napsáno poměrně velké množství článků, z nichž jednoznačně vyplýval jeden závěr –

dobíjí-li se baterie během své doby života (tj. v době, kdy spotřebí, v němž jsou použity, nepoužíváme), velmi podstatnou měrou se prodlužuje doba, po níž mají jmenovité provozní napětí. Je však třeba upozornit, že jejich nabíjení je neúčinné, jsou-li zcela vybité.

Nabíječ na obr. 7c se skládá z můstkového usměrňovače, dvou křemíkových diod, šesti odpůr a potenciometru, tranzistoru a monolitického pětitranzistorového obvodu. Srdcem přístroje je zdroj konstantního proudu, jehož dvě verze jsou na obr. 7a, b. Je-li napájecí napětí  $+U$  konstantní, teče proud (v zapojení v obr. 7a) diodami a odporem  $R_2$  a v bodu  $X$  je určité referenční napětí. Toto referenční napětí je samozřejmě menší, než napětí  $+U$ . Tranzistor je ve vodivém stavu a měřidlem lze měřit jeho kolektový proud. Proud tranzistorem lze měnit nastavením proměnného odporu v emitoru. Čím větší bude mít tranzistor proudový zesilovací činitel, tím větší změna proudu bude odpovídat stejně změně nastavení proměnného odporu.

Podobný zdroj konstantního proudu je na obr. 7b. Je-li referenční proud  $I_{ref}$  přiveden současně na bázi i na kolektor  $T_2$ , protéká tranzistorem a odporem  $R_3$ , přičemž na odporu způsobuje úbytek napětí, stejně jako na přechodu báze-emitor  $T_2$ . Toto napětí (tj. úbytek napětí na odporu  $R_3$  a na přechodu B-E) má stejný význam pro činnost obvodu, jako napětí bodu  $X$  v levé polovině obr. 7a. Mají-li tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  shodné vlastnosti a má-li  $R_4$  poloviční odpor  $R_3$ , bude tranzistor  $T_3$  zdrojem konstantního proudu, jehož velikost bude  $2I_{ref}$ . Tohoto jevu se využilo při konstrukci nabíječe – proto byl jako jeden z prvků nabíječe zvolen monolitický obvod s pěti tranzistory, u něhož je zaručena stejná jakost všech pěti tranzistorů a s níž lze dosáhnout kompaktnosti konstrukce.

Odpory v emitorových tranzistorů jsou zvoleny tak, aby konstantní proud na jednotlivých výstupech nabíječe byl postupně 2, 5, 10 mA; poslední výstup slouží k nabíjení,

lépe řečeno, k dobíjení destičkových baterií 9 V. Nabíjecí proud je asi 1 mA.

Výstupní proud (nabíjecí) má pulsující průběh; všeobecně se uvádí, že k nabíjení i k dobíjení jakýchkoli baterií je pulsující proud mnohem výhodnější než dobře vyhlazený stejnosměrný proud.

Přístroj se nastavuje tak, že se připojí k výstupu pro nabíjení baterií 9 V miliampémetr a proměnným odporem  $R_1$  se nastaví proud 1 mA.

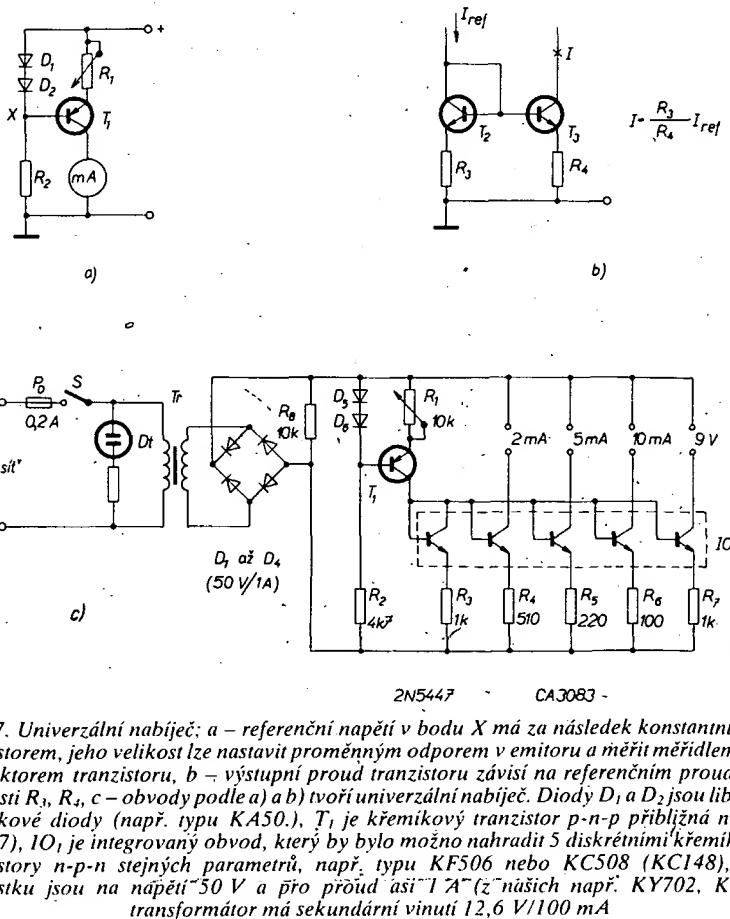
Tranzistory, jimiž bychom chtěli nahradit monolitický obvod, by musely být párovány, nejlépe v pracovním bodu asi 10 V a 2 mA, pak lze použít uvedené emitorové odpory. V opačném případě by bylo nutné emitorovými odpory nastavovat výstupní proud pro každý z výstupů individuálně.

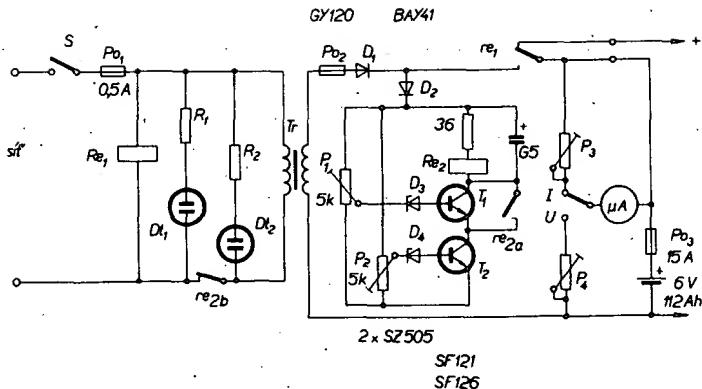
Popular Electronics únor 1976

### Samočinné dobíjení baterií pro nouzové osvětlení

Na exponovaných pracovištích, avšak také v domácnostech je vhodné mít při výpadku sítě k dispozici zdroj elektrické energie, který by zajistil možnost např. osvětlovat schodiště, pracoviště, udržovat v chodu hlásiči a požárovou zařízení apod. K témuž účelu je vhodný např. akumulátor s velkou kapacitou. Akumulátor je však třeba stále udržovat v pohotovostním stavu, tj. musí být stále dobíjen tak, aby měl jmenovitou kapacitu. Zařízení na obr. 8 je řešeno tak, že se jednak při výpadku sítě samočinně připojí akumulátor k rozvodu nouzového proudu, a jednak se při přítomnosti síťového napětí akumulátor neustále podle potřeby samočinně dobíjí. Zařízení bylo navrženo pro akumulátor 6 V, lze samozřejmě použít i akumulátory s jiným napětím (po změně součástek).

Zapojení je tak jednoduché, že je si třeba všimnout pouze několika detailů. Především je třeba nepřemostovat kontakt relé  $re_2$  kondenzátorem, neboť pak by svítily nepřetr-





Obr. 8. Samočinné ovládání nouzového zdroje proudu při výpadku sítě

žitě kontrolní doutnavky, indikující přítomnost sítě a dobíjení akumulátoru ( $D_1$  a  $D_2$ ). Relé  $Re_1$  je pro napětí 220 V s robustními kontakty, relé spíná při výpadku sítě, nebo po vypnutí spínače  $S$  odpojuje akumulátor od nabíječe k rozvodu nouzového proudu.

Obvod automaticky je upravený obvod z [1], který pracuje tak, že po překročení určitého nastaveného napětí sepné relé  $Re_1$ . Relé ve vzorku bylo typu pro napětí 4 V, odpor cívky 42  $\Omega$ , do série s odporem vinutí relé je zapojen ještě odpor, který zabrání překročení povolené kolektorové ztráty použitého tranzistoru. Kondenzátor 500  $\mu$ F paralelně k vinutí relé prodlužuje dobu reakce změny stavu kontaktů relé (aby relé nepřepínalo při velmi krátkých změnách síťového napětí). Měřidlo slouží ke kontrole napětí akumulátoru a nabíjecího, příp. vybíjecího proudu akumulátoru. K měření vybíjecího proudu lze použít spád napětí na zátěži, pak není třeba měřidlo přeplovávat.

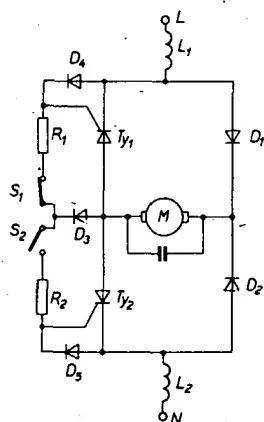
Při uvádění do chodu se nastaví  $P_1$  tak, aby se tranzistor  $T_1$  otevřel při napětí 7,9 až 8,1 V (konečné napětí při nabíjení). Potenciometr (trimr)  $P_2$  je třeba nastavit tak, aby se tranzistor  $T_2$  uvedl do nevodivého stavu při napětí asi 5,8 V. Až do tohoto napětí zabrání samodržný kontakt  $re_{2a}$  relé  $Re_2$  odpadnout relé  $Re_2$ .

Automaticku je třeba nastavovat velmi pečlivě, neboť na její správné činnost závisí správná činnost celého přístroje.

Na závěr článku autor píše, že zařízení sloužilo přes 18 měsíců bez poruchy.

[1] Schuchardt, B.; Sterzel, P.: Nabíječ pro akumulátory s vypínací automatickou. Funkamateur č. 18/1969.

Funkamateur č. 12/1974



Obr. 9. Obvod k reverzaci směru otáčení univerzálního motorku

mezi magnetickým polem cívek  $L_1$  a  $L_2$  a polem kotvy.

Startovací proud při půvlném napájení je pětkrát větší než jmenovitý zatěžovací proud. Předpokládá-li se však provoz motoru po krátkou dobu (např. při otáčení antény), není třeba umisťovat použité součásti (diody a tyristory) na chladicí.

V originálním zapojení použil autor tyto polovodiče:  $D_1$  a  $D_3$  jsou křemíkové diody na malé napětí,  $D_3$  je na napětí asi 400 V (použije-li se motorek napájený ze sítě).

Wireless World č. 1483 (březen) 1976

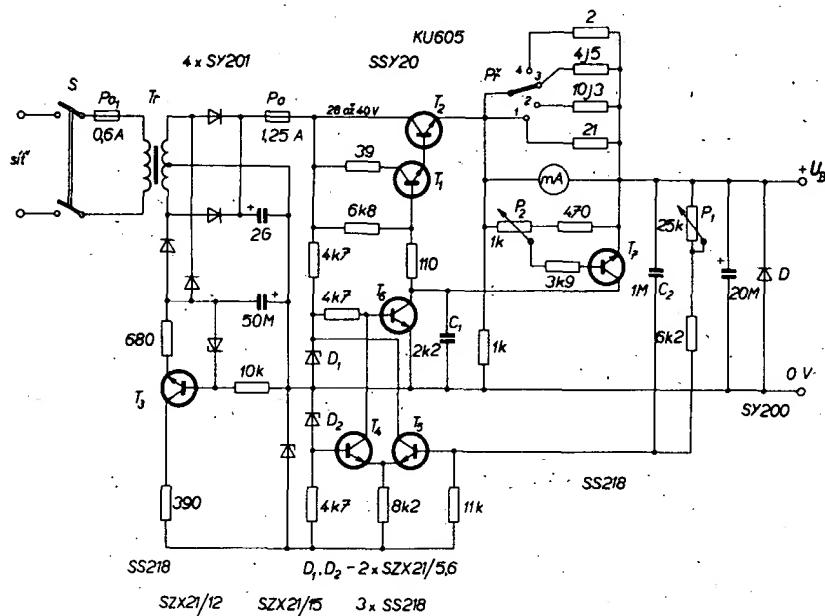
### Elektronicky stabilizovaný síťový zdroj

Stabilizovaný síťový zdroj na obr. 10 poskytuje na výstupu konstantní, stabilizované napětí o velikosti podle polohy proměnného odporu (potenciometru)  $P_1$ . Výstupní napětí lze měnit v rozmezí asi 0,5 až 20 V při maximálním odběru proudu asi 1 A.

Zapojení je zkratuvzdorné. Bude-li výstupní proud větší než odpovídá nastavení potenciometru  $P_2$ , zmenší se na velikost, danou nastavením  $P_2$ .

Cinností tranzistoru  $T_3$  se získává ze záporného pomocného napětí konstantní „pomocný“ proud, a to asi 15 mA. Proud se přivádí na tranzistory  $T_4$  a  $T_5$ , zapojené jako diferenciální zesilovač. Napětí na bázi tranzistoru  $T_4$  je konstantní a je asi -5,6 V. Napětí na bázi tranzistoru  $T_5$  se mění podle nastavení proměnného odporu  $P_1$ , tím se mění i rozdělení celkového proudu diferenciálním zesilovačem na oba tranzistory. Změny kolektorového proudu tranzistoru  $T_4$  budí přes tranzistor  $T_6$  Darlingtonovu dvojici výkonového stupně zdroje, tj. tranzistory  $T_1$  a  $T_2$ . Tak lze změnou nastavení proměnného odporu  $P_1$  měnit výstupní napětí v mezi 0,5 až 20 V.

Abyste zabránili zničení tranzistorů výkonového stupně při přetížení zdroje, byla do zdroje vestavěna i elektronická pojistka. Maximální zatěžovací proud lze nastavit potenciometrem  $P_2$  v rozmezí 0 až 1 A. Bude-li výstupní proud odpovídá nastavené velikosti, nebo bude-li větší, otevře se částečně nebo celou tranzistor  $T_7$ . Tím se zmenší napětí



Obr. 10. Stabilizovaný regulovatelný zdroj s výstupním napětím 0,5 až 20 V s možností omezit výstupní proud na požadovanou velikost po stupních 0,1, 0,2, 0,5 a 1 A

báze-emitor tranzistoru  $T_1$ , výstupní napětí se bude zmenšovat a zmenšovat se bude i výstupní proud.

Kondenzátor  $C_1$  slouží k potlačení náhylnosti síťového zdroje k výstupnímu napětí. Nebezpečí rozkmitání hrozí především při uvedení elektronického pojistky v činnost, nebo při jejím vypnutí. Kapacitu tohoto kondenzátoru je třeba dodržet a není možno použít elektrolytický kondenzátor.

Maximální výstupní proud lze hrubě po stupních nastavit přepínačem  $P_2$ . S uvedenými odpory jsou stupně 0,1 A, 0,2 A, 0,5 A a 1 A. Uvnitř tétoho intervalu lze výstupní proud nastavit potenciometrem  $P_2$ .

Měřicí přístroj paralelně k přepínači  $P_2$  slouží k indikaci odebíraného proudu.

Dióda na výstupu zdroje zabrání poškození zdroje při jeho připojení k obvodu s napětím. Kondenzátor  $C_2$  slouží ke zlepšení dynamického řídicího rozsahu zdroje.

Na tranzistoru  $T_2$  může vzniknout za nejnepříznivějších podmínek výkonová ztráta až 40 W. K odvedení přebytečného tepla je třeba tranzistor umístit na chladič s teplotním odporem lepším než 1,5 stupně K/W.

Bude-li míti tranzistor  $T_2$  proudový zesilovací činitel např. lepší než 15 při kolektorevním proudu 1 A a při napětí kolektor-emitor ménším než 20 V, může na tranzistoru  $T_1$  vzniknout výkonová ztráta maximálně 2,51 W. V takovém případě je třeba umístit tranzistor  $T_1$  na chladič s teplotním odporem lepším než 10 stupňů K/W.

Základní technické údaje zdroje jsou: výstupní napětí: 0,5 až 20 V, výstupní proud: maximálně 1 A, pojistka: přepínatelná po skocích 0,1 A, 0,2 A, 0,5 A a 1 A, brumové napětí při výstupním proudu 1 A: menší než 20 mV.

#### RFT electronic Halbleiter-Schaltbeispiele

#### Integrované stabilizátory napětí

V zahraničí se čím dál, tím častěji objevují integrované obvody, které jsou určeny do napájecích zdrojů, a které mají konstantní výstupní napětí (pevné, neměnné). Tyto obvody mají tu výhodu, že k jejich aplikaci není třeba žádných dalších součástek (většinou), popř. se počet nutných součástek vzhledem k běžným stabilizátorům podstatně redukoval. Pro zajímavost, jsou v tab. 1 uvedeny integrované stabilizátory s pevným výstupním napětím, které se používají nejčastěji. Jde věsmě o výrobky zahraničních firem, které nejsou u nás dostupné.

V případě potřeby lze výstupní proud stabilizátorů, v nichž jsou uvedené integrované obvody, samozřejmě zvětšit výkonovými tranzistory (jako např. u tuzemského integrovaného stabilizátoru MAA723).

Funktechnik č. 2/1975

## Nf technika

### Nízkofrekvenční výkonový zesilovač v můstkovém zapojení

Důvodů ke konstrukci nf výkonových zesilovačů v můstkovém zapojení může být několik. Autor původního článku volil toto zapojení proto, že potřeboval nf zesilovač do auta s palubní sítí 6 V, a přitom vyloučil možnost použití v nf zesilovači transformátoru. Tak dospěl k tomu, že při napájecím napětí 6 V je maximální možný výstupní výkon při použití komplementárních tranzis-

Tab. 1. Vybrané integrované stabilizátory napětí s konstantním a neměnným výstupním napětím

Výrobce	Typ	Výstupní napětí [V]	Výstupní napětí [V]	Max. proud [A]	Ztráta [W]	Vnitřní odpor [mΩ]
Motorola	MC7805C	7 až 35	5	1,5	15	30
	MC7806C	8 až 35	6	1,5	15	35
	MC7808C	10,5 až 35	8	1,5	15	40
	MC7812C	14,5 až 35	12	1,5	10	75
	MC7815C	17,5 až 35	15	1,5	10	95
	MC7818C	21 až 35	18	1	10	110
	MC7824C	27 až 40	24	1	10	150
	MC7902C	-10	-2	1	10	-
	MC7905C	-10	-5	1	10	-
	MC7906C	-11	-6	1	10	-
	MC7908C	-14	-8	1	10	-
	MC7912C	-19	-12	1	10	-
	MC7915C	-23	-15	1	10	-
	MC7918C	-27	-18	1	10	-
	MC7924C	-33	-24	1	10	-
	MC1468	±30	±15	0,1	-	-
Fairchild	μA7805	7 až 35	5	1	15	17
	μA7806	8 až 35	6	1	15	19
	μA7808	10,5 až 35	8	1	15	16
	μA7812	14,5 až 35	12	1	15	18
	μA7815	17,5 až 35	15	1	15	19
	μA7818	21 až 35	18	1	15	22
Thomson CSF	SFC2805	35	5	1,5	20	-
	SFC2806	35	6	1,5	20	-
	SFC2824	40	24	1,5	20	-

torů asi 1 W, což je relativně málo pro provoz v autě.

Jeho úvaha byla celkem jednoduchá: komplementární tranzistory výkonového zesilovače jsou zapojeny tak, že na jejich emitorech je poloviční napájecí napětí zdroje. Maximální výstupní napětí je pak polovinou součinu efektivního napětí a proudu, který jimi protéká, nebo čtvrtinou špičkové hodnoty napětí násobeného špičkovou hodnotou proudu, tj.

$$P_{\max} = \frac{U_B}{2} I_C = \frac{U_B I_C}{4}$$

Zatěžovací odpor lze určit ze vztahu

$$R_z = \frac{U_B}{I_C} = \frac{U_B}{2 I_C}$$

Špičkový proud lze určit ze vztahu

$$I_C = U_B / 2 R_z$$

Nahradí-li se v uvedených vztazích špičkový proud kolektoru posledně uvedeným výrazem, dospeje se k výrazu se třemi vzájemně na sobě závislými veličinami, v nichž je zanedbán sice vliv emitorového odporu koncových tranzistorů, který však k orientačním výpočtům zcela vyhoví.

Potom je zcela zřejmé, že je-li k dispozici napájecí napětí 6 V a reproduktor (zátěž) o impedanci 8 Ω, lze při dvojčinném zapojení bez transformátoru lze dosáhnout výstupního výkonu maximálně asi 500 mW. Lze to určit ze vztahu

$$P_{\max} = \frac{U_B^2}{8 R_z} = 36/64 = 0,56 \text{ W}$$

Použije-li se reproduktor o impedanci 4 Ω, lze získat výstupní výkon asi 1 W (36 : 32 = 1,1). Výkon 0,5, popř. 1 W je u autoradii nedostatečný, nf zesilovač by měl mít výkon alespoň 2 až 3 W.

Checeme-li vystačit s běžnými polovodičovými prvky, nabízí se použít nf zesilovač v můstkovém zapojení. U můstkového zapo-

jení lze uvažovat špičkové napětí střídavé rovné stejnosměrnému napájecímu napětí, což lze vyjádřit takto:

$$P_{\max} = U_B I_C / 2, \\ R_z = U_B / I_C, \\ I_C = U_B / R_z$$

z uvedených vztahů vyplývá pro maximální výstupní výkon vztah

$$P_{\max} = \frac{U_B^2}{2 R_z}$$

Ovšem ani v můstkovém zapojení nemůže být amplituda střídavého napětí na výstupu zesilovače větší, než stejnosměrné napájecí napětí po odečtení spádu napětí na emitorových odporech a na přechodech tranzistoru.

Na základě této úvahy byl zkonstruován nf zesilovač v můstkovém zapojení podle obr. 11a.

Zesilovač se skládá z předzesilovače s tranzistorém  $T_1$ , který je řízen jak vstupním signálem, tak i stejnosměrnou a zápornou střídavou zpětnou vazbou. Tranzistor  $T_2$  pracuje jako budič komplementární dvojice koncových tranzistorů  $T_3$ ,  $T_4$ .

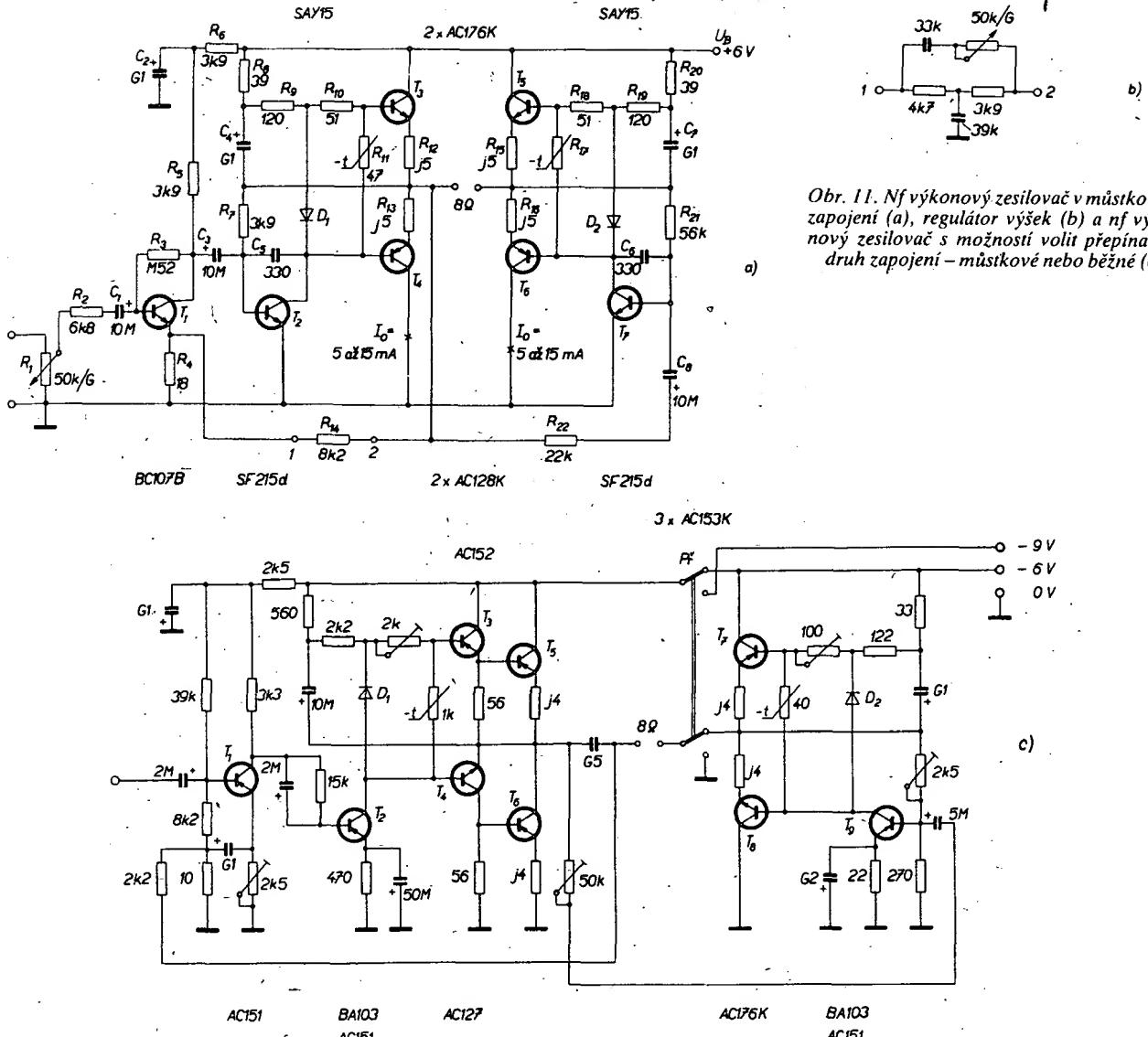
Druhá část můstkového zapojení je napájena z emitoru tranzistoru  $T_1$  a je identická s první částí. Zpětná vazba přes odporník  $R_{14}$  z výstupu zesilovače podstatně zlepšuje jeho linearity a odolnost proti přebuzení.

Diody  $D_1$  a  $D_2$  a termistory  $R_{11}$  a  $R_{12}$  zabezpečují stabilitu napětí „středního bodu“ zesilovače (spoj emitorových odporníků koncových tranzistorů) a stabilitu klidového proudu koncových tranzistorů.

Protože použité křemíkové tranzistory mají relativně vysoký mezní kmitočet, jsou v zapojení použity kondenzátory  $C_5$  a  $C_6$ , které omezují horní konec přenášeného pásma a zamezují vzniku oscilací.

Výhodou můstkového zapojení je i to, že odpadá nutnost použít na výstupu elektrolytický kondenzátor, na jehož kapacitě závisí dolní mezí kmitočet zesilovače, a který bývá obvykle jednou z nejrozměrnějších součástí zesilovače.

Protože obě větve můstkového zesilovače musí být buzeny signály s fázovým posuvem 180°, je každý z obou budičů buzen signálem



Obr. 11. Nf výkonový zesilovač v můstkovém zapojení (a), regulátor výšek (b) a nf výkonový zesilovač s možností volit přepínačem druh zapojení – můstkové nebo běžné (c)

opačné polarity a otevírají se buď tranzistory  $T_3$  a  $T_5$ , nebo  $T_4$  a  $T_6$ . Střídavé zesílené napětí na zátěži je pak dvojnásobné proti napětí na zátěži u běžného (nemůstkového) zapojení.

Při nastavování zesilovače je vhodné nastavovat každou polovinu můstku zvlášť, je však třeba v tomto případě oddělit zátěž (reproduktor, zatěžovací odpor) elektrolytickým kondenzátorem o kapacitě nejméně 1000  $\mu$ F. Změnou odporu  $R_{14}$  se nastavuje citlivost zesilovače (v originálním zapojení byla při odporu ve schématu zapojení citlivost asi 10 mV). Odpor  $R_{10}$  a  $R_{18}$  se nastavuje klidový proud koncových tranzistorů na 5 až 10 mA, na klidovém proudu závisí i dosažitelné zkreslení. Změnou  $R_{22}$  lze dosáhnout požadovaného stejného zesílení obou částí můstkového zesilovače. Na velikosti odporů  $R_{21}$  a  $R_7$  závisí souměrnost buzení.

Pro výběr polovodičových prvků platí, že by měly být vybrány s pokud možno stejnými parametry, neuškodí vybírat i odpory tak, aby v obou větvích zesilovače bylo dosaženo co největší shody parametrů.

Zesilovač lze doplnit plynulou regulací výšek podle obr. 11b. Tento článek se zapojuje místo odporu  $R_{14}$  do větve zpětné vazby. Pak lze požádat výšky až o 20 dB a zdůraznit až o 5 dB. Klidový odběr zesilovače je asi 40 mA. Při správném nastavení lze dosáhnout výstupního výkonu, většího než 2 W, a to na zatěžovací impedanci 8  $\Omega$ . Při menším zatěžovacím odporu byly koncové tranzistory přetíženy (proud jimi by byl asi 1 A). Tranzistory koncových zesilovačů je vhodné umístit na chladič.

Polovodičové prvky lze v zapojení nahradit takto: místo  $T_1$ , BC107B, lze použít nás tranzistor KC508 nebo KC148, místo SF215 tranzistor KF508, místo koncové dvojice tranzistorů nás komplementární páry GC510/GC520, dioda může být libovolná křemíková dioda, např. KA501 apod.

Na obr. 11c je zajímavý doplněk k nf zesilovači v běžných tranzistorových přijímačů – při použití v autě s palubním napětím 6 V lze odpojit původní napájecí zdroj 9 V a přistavět ještě jeden koncový stupeň s budicem tak, aby s původním zapojením tvořil opět zesilovač v můstkovém zapojení. U původního zapojení lze obvykle dosáhnout nf výkonu na zatěžovacím odporu 8  $\Omega$  kolem 1 W, u upraveného zesilovače autor dosáhl nf výkonu 2 W na stejném zatěžovacím odporu a při napájení 6 V, takže při použití přijímače v autě je hlasitost reprodukce postačující. K navázání zatěžovacího odporu (reproduktoru) k výstupu zesilovače je však v tomto případě třeba použít bipolární elektrolytický kondenzátor, který však není běžně k dispozici. Bipolární kondenzátor lze v tomto případě improvizovat tak, že zapojíme do série dva kondenzátory (zde o kapacitě 1000  $\mu$ F), tak, že spojíme jejich záporné vývody; kladnými vývody budou kondenzátory připojeny jednak k reproduktoru a jednak ke spojí kolektor AC153K a odpor 0,4  $\Omega$ .

Všechny tranzistory v zapojení na obr. 11c jsou germaniové, lze je nahradit libovolnými typy z tuzemské nabídky nf tranzistorů, pozor však na jejich polaritu.

### Tranzistorový budic pro elektronkový koncový stupeň nf zesilovaču

Zajímavý článek byl uveřejněn v anglickém časopisu *Wireless World* v dubnu letošního roku. Autor v něm popisuje návrh a konstrukci nf zesilovače s tranzistory, který má sloužit jako budicí stupeň koncového zesilovače s elektronkami; toto řešení uvádí jako výhodné pro toho, kdo vlastní některý z velmi dobrých elektronkových zesilovačů (jmenovitě uvádí Williamsonův zesilovač, což byl před érou tranzistorů nejjakostnější nf zesilovač), u nichž zub času nutí vlastníka k opravám a náhradám součástek ve větší míře, takže se vyplatí zasáhnout do konstrukce podstatným způsobem.

Podstatné při renovaci podobných zesilovačů je, aby jejich výstupní transformátor přenášel spolehlivě co nejširší kmitočtové pásmo. Základní ideou návrhu bylo zkonstruovat zesilovač s tak širokým přenášením kmitočtovým pásmem vzhledem k pásmu, které přenáší výstupní transformátor, aby se v zesilovači neobjevil jiný posuv fáze než ten, který je způsoben výstupním transformátorem. Proto byl navržen zesilovač (stejnosměrně vázaný) s šírkou pásmá 1 MHz, používající techniku operačních zesilovačů. Tak byl zkonstruován budicí zesilovač pro koncový dvojiciný stupeň s elektronkami,

které mohou pracovat jak ve třídě A, tak i ve třídě AB.

Blokové schéma celého zesilovače je na obr. 12a. Zesilovač obsahuje tři diferenciální stupně, „předpěťový“ (který pracuje v závislosti na proudu elektronkami) a směšovací – zesilovací stupeň, z něhož se získává budicí signál pro elektronky. Celý zesilovač je symetrický, dokonale stejnosměrné symetrie lze dosáhnout změnou nastavení potenciometru v emitorech vstupních tranzistorů ( $R_1$ ). Všechny diferenciální stupně jsou napájeny z tranzistorových zdrojů proudu, což umožňuje vést vstupní signál i zpětnovazební napětí přes celý zesilovač bez nebezpečí rozkmitání a vazeb. Zdrojem proudu pro směšovací–zesilovací stupeň je tranzistor p-n-p; napěťový zisk tohoto stupně lze volit nastavením potenciometru  $R_2$ . Odpory  $R_3$  by mely být tak malé, aby svou velikostí přímo neovlivňovaly předpětí elektronek. Mají totiž za úkol pouze zmenšovat poněkud efektivní strmost elektronek.

Protože kolektorové odpory tranzistorů směšovacího stupně jsou dosti velké, má stupeň tak velké zesílení, že lze u něho zavést místní zpětnou vazbu: K zavedení vazby slouží impedance  $Z$  na obr. 12a, jednotlivě součástí této impedance jsou vybrány tak, aby byla v požadovaném rozsahu omezena celková šířka přenášeného pásma zesilovače.

Celkové zapojení zesilovače je na obr. 12b. I když je zapojení relativně složité, přesto autor jako jeho výhodu uvádí jednoduché nastavování a minimální požadavky na síťový zdroj (stabilizovat je třeba pouze záporné napětí -200 V). Protože u zesilovače je mnohem zajímavější koncepce, než vlastní provedení (s realizací s tuzemskými součástkami prakticky nelze počítat), omezím se v textu pouze na stručný popis činnosti jednotlivých prvků zapojení.

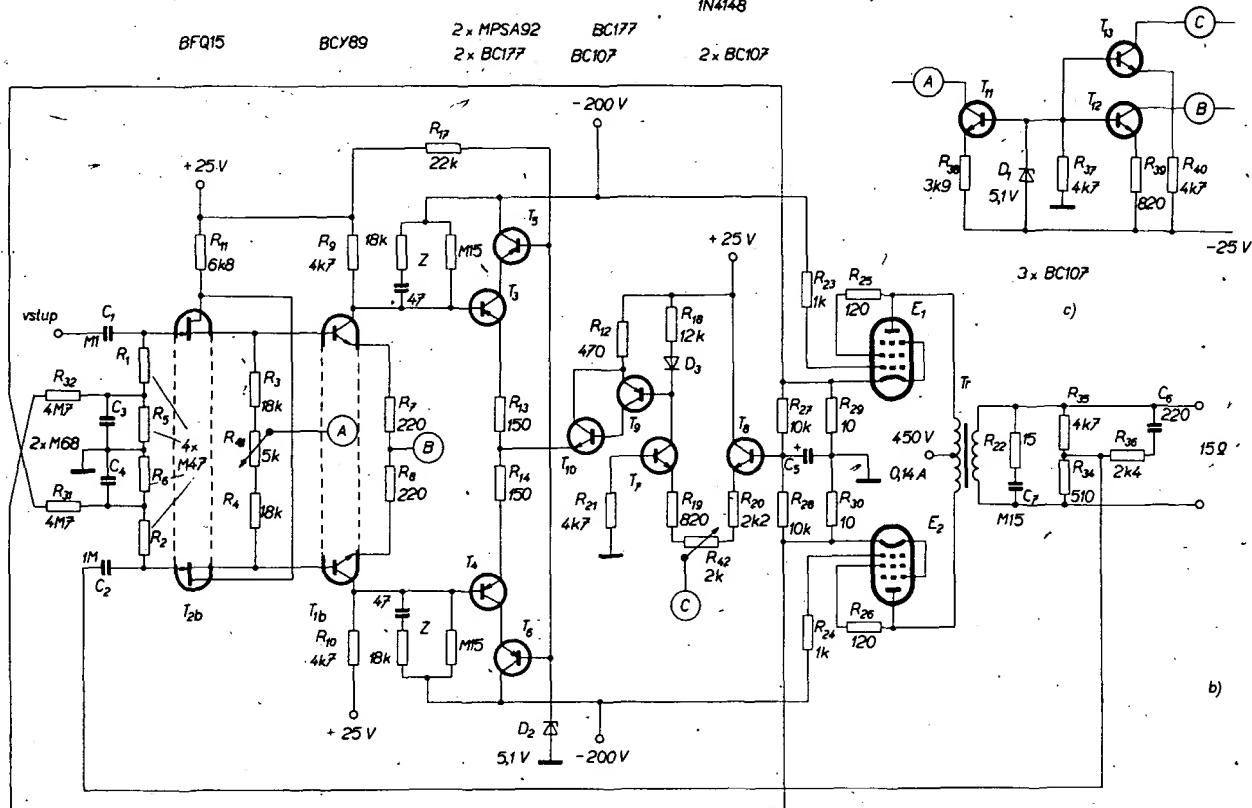
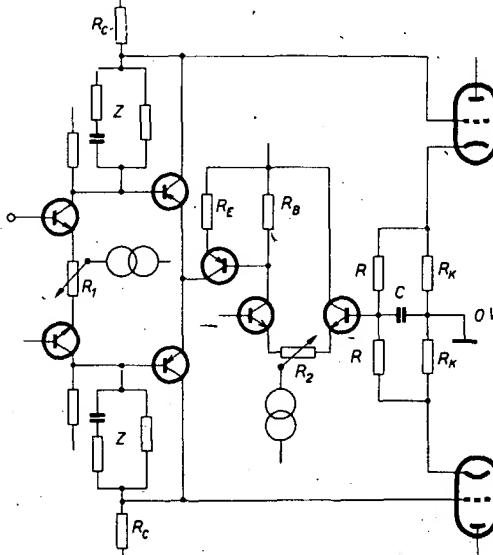
Jako vstupní stupeň pracuje dvojice tranzistorů v zapojení se společným emitorem, která je doplněna dvojicí tranzistorů FET s kanálem typu n. Ty jsou zapojeny jako

emitorové (source) sledovače. Toto řešení umožnilo kompatibilitu zesilovače se zesilovači elektronkovými, a to jak vzhledem ke vstupní impedance, tak i vzhledem k nezávislosti parametrů na zdroji budicího napětí. Potenciometrem  $R_{11}$  lze nastavit stejnosměrnou symetrii vstupních obvodů. Odpory  $R_7$  a  $R_8$  autor doporučuje vybrat tak, aby byly co nejshodnější, neboť na nich také závisí velikost místní zpětné vazby a tím i zesílení stupně. Spojení běžných tranzistorů s tranzistor FET umožnilo též získat obvod s velkou šířkou přenášeného pásma a snadným nastavením požadovaného zesílení. Aby byl tepelný drift obvodu co nejmenší, byly použity dvojice tranzistorů v jednom pouzdru.

Směšovací–zesilovací stupeň je konstruován jako kaskádový, což je velmi důležité

vzhledem k harmonickému zkreslení, neboť rozkmit jejich vstupního napětí je velmi značný. V tomto uspořádání je velmi malá také Millerova zpětnovazební kapacita. Místní zpětná vazba v obvodu je zavedena odpory  $R_{13}$  a  $R_{14}$ . Zpětná vazba impedance  $Z$  je pro nízké kmitočty asi 12 dB, pro vysoké kmitočty se zvětšuje až na 26 dB (v pásmu od 20 do 200 kHz). Protože impedance  $Z$  pracují jako diferenciální zpětná vazba, není třeba jejich součásti vybírat a párovat. Shodné musí však být kolektorové zátěže tranzistorů  $T_5$  a  $T_6$ , aby bylo dosaženo symetrie buzení koncových elektronek.

Proti blokovému schématu je v zapojení budicího stupně koncových elektronek ten rozdíl, že potenciometr v emitorech tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$  byl doplněn dvěma pevnými



Obr. 12. Tranzistorový budič pro nf koncový stupeň s elektronkami; a – základní zapojení pro dvojčinný koncový stupeň (ze zapojení pro přehlednost vypuštěn výstupní transformátor). Vstupy slouží k připojení vstupního a zpětnovazebního signálu, b – celkové zapojení výkonového zesilovače. Elektronky pracují ve třídě A, je-li kapacita kondenzátoru  $C_5$  = 0, c – zdroje proudu

odpory v sérii. Vzhledem k blokovému zapojení je v zapojení na obr. 12b ještě jedna zinéna: z důvodu teplotní nezávislosti je zdroj proudu pro tranzistory směšovacího zesilovacího stupně tvořen komplementárním párem tranzistorů n-p-n, p-n-p (obr. 12c).

V zesilovači byla použita i záporná zpětná vazba, která je závislá na rozdílu napětí na katodových odporech elektronek. V obvodu zpětné vazby jsou přesně vybrané dvojice odporníků  $R_{31}$ ,  $R_{32}$  a  $R_5$ ,  $R_6$  a kondenzátory  $C_3$ ,  $C_4$ . Tato zpětná vazba je zavedena na vstup zesilovače a stabilizuje proud koncovými elektronkami.

Kmitočtová amplitudová charakteristika zesilovače je rovná (0 dB) v pásmu 5 Hz až 25 kHz, pokles 3 dB nastává na kmitočtu 100 kHz. Celkové harmonické zkreslení, měřené na 20 Hz, 1000 Hz a 15 kHz při výstupním výkonu 10, popř. 15 W je přehledně v tabulce.

Výstupní výkon	Celkové harmonické zkreslení [%] na		
[W]	20 Hz	1000 Hz	15 kHz
10	0,015	0,01	0,1
15	0,1	0,02	0,25

V závěru článku jsou ještě poznámky k použitým součástkám, z nichž vysvítá, že tranzistorovou část zesilovače lze osadit mnoha různými typy polovodičových prvků bez změn vlastností zesilovače; pokud jde o elektronky, uvádí autor i možnost použití elektronky EL34, EL506, EL84 apod., pak je ovšem nutné změnit použité záporné napětí. Další konstrukční podrobnosti včetně desky s plošnými spoji jsou v původním článku uvedeny velmi podrobně.

Jen pro zajímavost: nová verze původního Williamsonova zesilovače byla autorem zesilovače popsána ve Wireless World 1949, str. 282 (High quality amplifier: new version).

Wireless World č. 1484 (duben) 1976

### Adaptor pro stereofonní sluchátka

Pro starší stereofonní zesilovače, které nemají vývod pro připojení sluchátek, lze použít obvod podle obr. 13. Adaptor je doplněn regulátorem přeslechů mezi pravým a levým kanálem, jehož pomocí lze (jak uvádí autor článku) dosáhnout realističtějšího stereofonního vjemu. Měřidlo a regulátor stereofonního vyvážení (balance) signálu pro sluchátko slouží při monofonním signálu k přesnému nastavení signálu tak, aby v pravém i levém kanálu měl stejnou úroveň.

Odpory 120  $\Omega$  ve věti pravého i levého kanálu tvoří základní přizpůsobovací článek mezi výstupem nf zesilovače a výstupem adaptoru pro připojení sluchátek. Odpor lze

podle impedance sluchátek zvětšit či změnit i zcela vypustit, volí se tak, aby se při přechodu z reprodukce reproduktory na sluchátka nemuselo měnit nastavení hlasitosti na zesilovači.

Je-li přepínač  $P_1$  v poloze „normal“, vede se signál z výstupu zesilovače přes přizpůsobovací odpory přímo do sluchátek. Jemně lze hlasitost tohoto signálu měnit potenciometry  $25 \Omega$ , popř. lze znova upravit potenciometry s uzemněným běžcem vyvážení stereofonního signálu. Je-li přepínač v poloze „mix“, prochází signál přes přizpůsobovací odpory a kromě toho i článek  $LC$  a  $RC$ , pomocí nichž se část stereofonního signálu v okolí kmitočtu 1000 Hz směšuje tak, že se „vyplní díra ve středu“ (přenášeného kmitočtového pásma). Směšovací obvod je tvořen cívkou  $L_1$ , článekem  $L_2C_3$  a dále článekem  $R_1C_1$  a  $R_2C_2$ .

Místo diod OA81 lze použít jakékoli diody, i detekční. Potenciometry je nejlépe použít drátové. Přepínač vyhoví běžný páčkový.

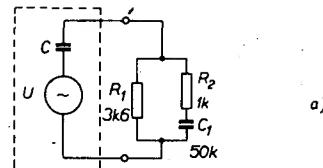
Radio-Electronics č. 8 (srpen) / 1974

### Předzesilovač-korektor pro piezokeramickou vložku do přenosky

Největším problémem při používání piezokeramických vložek je přizpůsobit je co nejlépe ke vstupu zesilovače. Piezokeramická vložka je vlastně kondenzátor s keramickým dielektrikem, jehož ekvivalentní kapacita bývá 500 až 700 pF, a která má kapacitní odpor asi 6 M $\Omega$  na kmitočtu 50 Hz a 20 k $\Omega$  na kmitočtu 16 kHz.

V tranzistorových i elektronkových zesilovačích, vyráběných průmyslově, je na připojení gramofonů s téměř vložkami pamatováno, jejich vstupy mívají vstupní odpor obvykle v mezech 1 až 1,5 M $\Omega$ , jejich vstupní kapacita bývá 30 až 50 pF. V takových případech je vstup zesilovače dobře přizpůsoben pro výstupní signál z keramické vložky a je třeba korigovat pouze zmenšení napětí na vyšších kmitočtech, které odpovídají standardní charakteristice nahrávek na gramofonových deskách.

Jiná je ovšem situace, připojí-li se tato vložka k amatérskému zesilovači, který má např. vstup se vstupním odporem 50 až 100 k $\Omega$  a se vstupní kapacitou 300 až 500 pF (což bývá velmi často). Pak při reprodukci má signál „kmitočtové díry“, vznikající neprizpůsobením a nepomůže ani případná snaha korigovat výstupní signál regulátoru barvy zvuku. Typický případ nesprávné navrženého vstupu pro keramickou vložku je na obr. 14a (autor článku používá příklad zapojení nf zesilovače ze sovětského časopisu Radio č. 2/1972). Na obrázku je keramická vložka reprezentována zdrojem napětí v sérii s kondenzátorem a vstupní obvody zesilovače článekem  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$ . V tomto případě má



nebude mít ná procházející signál vliv ani při kmitočtech okolo 20 kHz.

Cinnost předzesilovače byla ověřena s třemi různými typy sovětských piezokeramických vložek GZKU-631R. Vložkami se snímal signál ze sovětských zkusebních desek GOST 5289-68, IZM 339-0102-2. Při zkouškách se ukázalo, že vzhledem k velkému rozdílu parametrů tranzistorů bylo třeba v několika případech upravit odpory  $R_7$  tak, aby tranzistor  $T_3$  pracoval v požadovaném pracovním režimu.

Použité křemíkové tranzistory p-n-p lze zaměnit za germaniové, autor doporučuje typy slitinové, např. MP41A, MP42B, popř. za křemíkové tranzistory KT315B (ty odpovídají našim typům KC, např. KC508). Pak je ovšem třeba, že tranzistory jsou opačné vodiči, tj. n-p-n obrátit polaritu napájecího napětí a elektrolytických kondenzátorů. Při použití germaniových tranzistorů doporučuje autor upravit odpory  $R_8$  asi na 510  $\Omega$ , aby napětí na kolektoru tranzistoru  $T_3$  bylo asi 5 až 6,5 V.

K napájení je vhodný jakýkoli zdroj stabilizovaného napětí s výstupním napětím větším než asi 15 V (je třeba upravit velikost odporu  $R_8$ ), za odporem  $R_8$  však musí být napětí přesně 13 V. Odběr proudu předzesilovače je asi 2 až 4 mA. Předzesilovač lze samozřejmě napájet i z baterie.

Radio (SSSR) č. 5/1975

### Rízený mikrofonní zesilovač

Je-li třeba zesilovat velmi malá střídavá napětí v rozsahu nízkých kmitočtů tak, aby následně silné signály nepřebudily zesilovač, používají se zesilovače s tzv. rízeným zesílením, jinak též kompresory dynamiky. Snažou konstruktéři tétoho zařízení je, aby i při silně kolísající amplitudě vstupního signálu byl výstupní signál co nejstálejší, s co možno nejmenší dynamikou.

Kompresory dynamiky se používají převážně při snímání zvuku mikrofonem, a to především při snímání reči.

Protože vestava kompresoru dynamiky do starých magnetofonů přináší potíže, byl přístroj konstruován jako stavební jednotka, v níž byl umístěn mikrofon (mikrofonní vložka), předzesilovač a kompresor dynamiky s měničem impedance. Celá sestava byla pak vyzkoušena ve spojení s magnetofonem (kazetovým) typu MK 21 (maďarské výroby).

Základní zapojení kompresoru dynamiky s germaniovými tranzistory je na obr. 15a. Zapojení má tyto vlastnosti:

vstupní napětí: 30 mV až 1 V,

výstupní napětí: 350 až 600 mV,

zkreslení: 2 %.

Princip zapojení byl použit ke konstrukci rízeného mikrofonního zesilovače v zapojení

podle obr. 15b. V zapojení jsou použity křemíkové tranzistory v pouzdrech z plastické hmoty.

Protože napětí z dynamického mikrofonu, který autor ke stavbě použil, nezaručovalo dobrou cinnost kompresoru, byl před vlastní kompresor umístěn ještě předzesilovač s tranzistorem s malým šumem typu BC239B. Druhý stupeň předzesilovače je osazen běžným nf tranzistorem typu SF215. Zpětná vazba z emitoru  $T_2$  na vstup (báze tranzistoru  $T_1$ ) určuje zesílení druhého stupně a zabezpečuje vhodný vstupní odpor. Zesílený nf signál přichází pak na dělič napětí, tvorený odporem  $R_7$ , a vnitřním odporem tranzistoru  $T_3$ , přitom vnitřní odpor tranzistoru se mění v závislosti na velikosti vstupního napětí. Ke zlepšení řídících vlastností obvodu je nf signál zesilován tranzistorem  $T_4$ . Ke kolektoru tranzistoru  $T_4$  je přes odporník  $R_{13}$  připojena báze tranzistoru  $T_5$ . Tranzistor  $T_5$  zatěžuje velmi málo stupně s tranzistorem  $T_4$ , proto ho nijak neovlivňuje a přitom zajišťuje důležitý úkol: napájet usměrňovací diody kompreseoru ze zdroje s co nejmenší impedance, takže obvod komprese reaguje velmi rychle na změny vstupního napětí. Stejnosměrné řídící napětí se pak vede na bázi  $T_3$  a mění děličí poměr děliče napětí  $R_7/T_3$ . Dělič tedy pracuje jako běžný potenciometr, jehož nastavení se ovládá ručně, reaguje ovšem mnohem rychleji a přesněji, než bylo možné dosáhnout ruční regulací.

Na zesilovací stupně  $T_4$  navazuje měnič impedance – emitorový sledovač s tranzistorem  $T_6$ . Výstupní napětí z měniče impedance lze nastavit na požadovanou velikost změnou polohy běžce trimru  $R_{17}$ .

Přístroj se ve spojení s kazetovým magnetofonem velmi osvědčil a umožnil záznam i velmi rychle a velmi silně se měničiho signálu.

das elektron č. 17-18/1974

### Nf zesilovač 60 W s přepínatelným výstupním výkonem

S moderními křemíkovými tranzistory lze bez problémů konstruovat nf zesilovače až do výkonu kolem 100 W. Naproti tomu je velká většina běžně prodávaných reproduktorských soustav určena pro výkony maximálně kolem 20 až 30 W, pouze nejdříž soustavy jsou určeny pro větší výstupní výkony. Protože malé reproduktorské soustavy lze velkým vstupním signálem snadno a zcela zničit, je výhodné nějakým způsobem zajistit, aby ke zničení soustav nemohlo dojít ani v nejnepríznivějším případě.

Na obr. 16a je zapojení výkonového zesilovače, jehož výstupní výkon lze snadno přizpůsobit použitým reproduktorským soustavám změnou napájecího napětí (přepínáním odboček na šíťovém transformátoru).

Výstupní výkon zesilovače lze pak jednoduše určit ze vztahu

$$P = \frac{(U_B - U_1 - U_2)^2}{8R_2}$$

kde  $R_2$  je odporník zátěže (impedance reproduktoru nebo reproduktorské soustavy),  $U_1$  je amplituda kladné a  $U_2$  záporné půlvalný výstupní napětí,  $U_B$  je napájecí napětí. Napětí  $U_1$  a  $U_2$  lze snadno určit společně ze spádu napětí na tranzistorech koncového stupně zesilovače a ze spádu napětí na kolektoru, popř. emitorovém odporu koncových tranzistorů.

Při napájení běžných zesilovačů jiným napájecím napětím než jmenovitým se

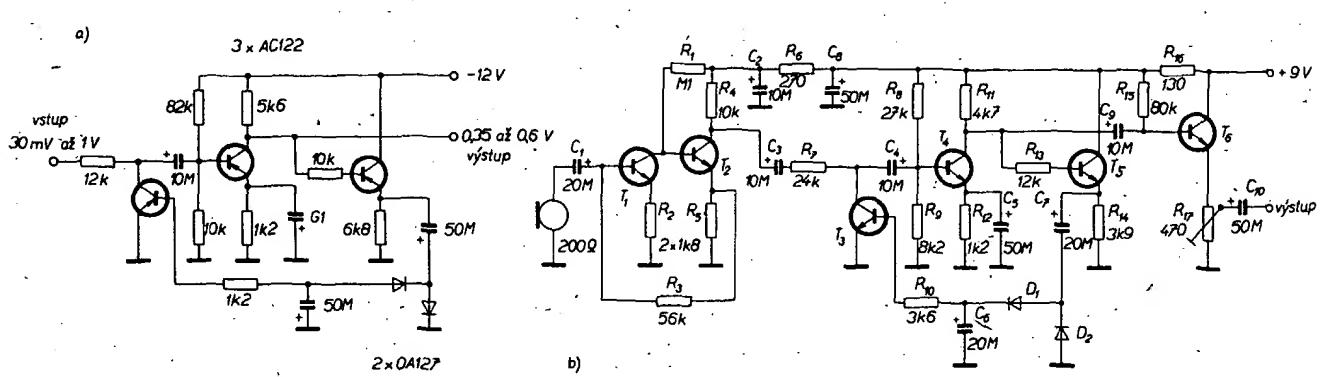
- změní nastavení pracovních bodů, tzn. např., že stejnosměrné napětí mezi odpory 0,47  $\Omega$  koncových tranzistorů nebude rovnou polovičnímu napětí zdroje (tj.  $U_B/2$ ),
- značně změní i klidový proud koncových tranzistorů,
- změní i vstupní jmenovité napětí, nutné k plnému využití zesilovače atd.

Aby zesilovač pracoval i při změně napájecího napětí tak, aby uvedené tři hlavní změny jeho parametrů bylo možno zanedbat, má zapojení na obr. 16a několik zvláštních obvodů, které se u běžných zesilovačů nevykoušejí:

- stejnosměrné napětí mezi odpory 0,47  $\Omega$  (střední větev zesilovače) bude vždy konstantní a rovně polovině napájecího napětí díky cinnosti tranzistoru  $T_3$ , který je spolu s tranzistorem  $T_2$  zapojen jako sériový stabilizátor napětí. Tranzistor  $T_3$  sám pracuje jako diferenční zesilovač napětí; nastaví-li se trimrem 25 k $\Omega$  napětí střední větev zesilovače na polovinu napájecího napětí, bude v bodu A při změně napájecího napětí,  $U_B$  vždy napětí  $U_B/2$ ;
- v kolektorovém obvodu tranzistoru  $T_5$  je jako zdroj konstantního proudu zapojen tranzistor  $T_4$  se stabilizační diodou ZE2. Proto jsou kolektorový proud  $T_5$  a tím i klidový proud koncových tranzistorů stálé i při změnách napájecího napětí;
- zesílení vstupního napětí je určeno zpětnovazebním děličem napětí, který je zapojen v emitoru vstupního tranzistoru. Součástí děliče je i nepřímo žhavený perličkový termistor (NTC, B23), jehož žhavení je připojeno přes odporník 3,3 k $\Omega$  k napájecímu napětí. Protože je odporník termistoru (daný jeho teplotou) závislý na velikosti napájecího napětí. Obvod je navržen tak, že v rozmezí napájecího napětí 20 až 60 V je vstupní napětí, potřebné k plnému využití zesilovače, vždy asi 1 V.

Tranzistor  $T_6$  kompenzuje známým způsobem klidový proud koncových tranzistorů v závislosti na změnách teploty okolí.

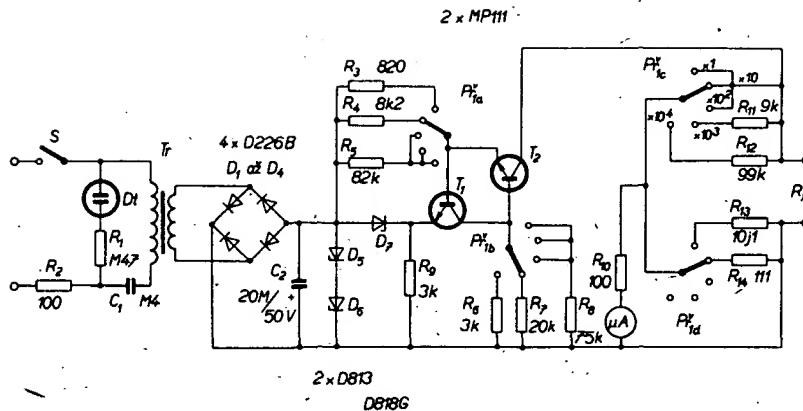
Cinnost tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$  je ovládána spádem napětí na odporech 0,47  $\Omega$  v emitoru a kolektoru koncových tranzistorů, který je proporcionalní jejich celkovému proudu.











Obr. 21. Jednoduchý ohmmetr. Ohmmetrem lze měřit odpory 0,1 Ω až 10 MΩ

přístroje (doutnavka v sérii s odporem) a jednak odpor  $R_2$  a kondenzátor  $C_1$ . Toto uspořádání umožňuje použít transformátor se stejným počtem závitů na primární i sekundární straně, na druhé straně se však na diodách v usměrňovacím můstku může při zapnutí přístroje objevit až napětí sité – vzhledem k tomu je třeba vybírat typy usměrňovacích diod.

Přístroj lze napájet i z baterií, např. pěti plochými bateriemi v sérii. Pak lze vypustit ze zapojení stabilizační diody. Obvod stabilizačního proudu je sestaven z tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$ , stabilizační diody  $D_7$  a odporu  $R_3$  až  $R_9$ . Princip jeho činnosti je založen na porovnávání spádu napětí v obvodu emitoru a báze tranzistoru  $T_1$ .

Měřicí část přístroje se skládá z mikroampérmetru, předřadních odporů  $R_{10}$  až  $R_{12}$  a z bočníků  $R_{13}$ ,  $R_{14}$ . Odpor  $R_{10}$  má být vybrán tak, aby spolu s vnitřním odporem měřidla byl 1000 Ω. Mikroampérmetr má základní měřicí rozsah 100 μA. Stupnice měřidla se konstruuje na základě vztahu:

$$I = \frac{I_0 R_x}{n(R + R_x)}$$

kde  $I$  je proud mikroampérmetrem,  $I_0$  proudstabilizátorem proudu,  $R_x$  měřený odpor,  $R$  vnitřní odpor měřidla + příslušný předřadný odpor nebo bočník,  $n$  součinitel děliče proudu s právě připojeným bočníkem.

Pro rozsah „ $\times 1$ “ je  $n = 100$ , pro „ $\times 10$ “ je  $n = 10$ ; pro ostatní rozsahy je  $n = 1$ .

Použité germaniové tranzistory lze nahradit křemíkovými typu KT312B, KT315A (lze použít naše typy KC507, KC508). Stabilizační diody  $D_5$  a  $D_6$  jsou vybrány tak, aby jejich Zenerovo napětí bylo 23 až 26 V, přičemž vzhledem k teplotní stability je vhodné, aby byly použity diody se vzájemně kompenzujícím teplotním součinitelem (z našich např. 1NZ70 + 8NZ70, nebo nové typy KZ260/5V1 + KZ260/18). Transformátor je na jádru EI 10 × 10 mm, primární i sekundární vinutí má 1200 z drátu o Ø 0,15 mm CuL.

Při uvádění do chodu se do kolektoru tranzistoru  $T_2$  zapojí miliampérmetr s rozsahem do 10 mA, spolu s odporem 1 kΩ. Přepínač  $P_1$  je přepnut na rozsah „ $\times 1$ “. Po připojení napájecího napětí se upraví odpor  $R_3$  tak, aby miliampérmetr měl plnou výklyku ručky (10 mA). Přitom se proud nesmí měnit ani při zkratování odporu 1 kΩ (o více než 1 %).

Stejně se postupuje na rozsazích vyšších, tj. „ $\times 10$ “ a „ $\times 100$ “. Miliampérmetrem se

musí naměřit proud 1 a 0,1 mA, odpory v sérii s měřidlem jsou 10 a 100 kΩ.

Krajní polohy ručky měřidla na jednotlivých rozsazích se nastavují výběrem odporů  $R_{10}$  až  $R_{14}$ . Na všech rozsazích musí pak ručka být na nule při zkratování vstupních svorek měřidla a na  $\infty$  při rozpojených vstupních svorkách.

Závěrem ještě tabulkový přehled základních vlastností měřicího přístroje:

rozsah	násobíč stupnice	měřicí proud [mA]	měřicí napětí [V]
1	1	10	0,1
2	10	1	0,1
3	10 <sup>2</sup>	0,1	0,1
4	10 <sup>3</sup>	0,1	1
5	10 <sup>4</sup>	0,1	10

Radio (SSSR) č. 6/1975

### Digitální měřič kapacity

Úvodem článku autor uvádí, že se pro konstrukci tohoto měřiče kapacit rozhodl z několika důvodů: především proto, že měření je přesné a rychlé i při velkém počtu měřených kondenzátorů, a že jeho konstrukce odpovídá době integrovaných obvodů a dobré čitelných displejů.

Měřicí kapacity má tyto základní přednosti a vlastnosti:

- měří kapacity od 1 pF do 1 μF ve dvou rozsazích;
- displej je čtyřmístný a má indikaci přeplňení;
- přesnost je lepší než  $\pm 0,1\%$  plného rozsahu  $\pm 1$  digit pro kondenzátory větších kapacit v obou rozsazích, základní rozlišovací schopnost je 1 pF;
- přístroj není třeba „zahřívat“ před měřením, lze měřit ihned po připojení napájecího napětí;
- měření je velmi jednoduché, přístroj má pouze dva nastavovací prvky, nastavení nuly a přepínač rozsahů;
- celý přístroj má velmi malé rozměry a je (kromě zdroje) na dvou malých deskách s plošnými spoji.

Základní princip činnosti je velmi jednoduchý a je dobré známý, je však použit neobvyklý způsobem. Přístroj pracuje podle blokového schématu na obr. 22a. Jeho „srdečem“ je monostabilní multivibrátor, který generuje hradlovací impulsy. Délka těchto impulsů je přímo úměrná kapacitě měřeného kondenzátoru  $C_x$ . Bez kondenzátoru  $C_F$  je maximální délka impulsů asi 25 μs, kmitočet krytalového oscilátoru musí pak být 40 MHz, aby se na displeji objevilo 1000. Vzhledem k délce přívodních vodičů, k brumu atd. nebyl by udaj displeje stabilní,

především při měření kapacit menších než 100 pF. S kondenzátorem  $C_F$  a bez  $C_F$  byl čítač nulován na 9000 a čítač do 10 000, na displeji byla však první číslice potlačena a displej ukazoval 0000, údaj při měření byl stabilní; stejně tak pro vyšší rozsah byl čítač nulován na 9990. Nulování obvodů je v tomto případě poněkud složitější a indikátor přeplnění musí být dvoustupňový čítač – to však při konstrukci neprináší žádné zvláštní potíže.

Poměr měřicích rozsahů je 1:100, aby se dosáhlo přesného čtení i na rozsahu 2, musí se základní kmitočet 40 MHz dělit stem, tj. musí být 400 kHz.

Poslední částí měřiče je časovací obvod. Generuje spínací impulsy pro monostabilní multivibrátor, vybavovací impulsy a nulovací impulsy pro čítače.

K indikaci nezaokrouhlených kapacit, např. 17,5 pF, se používá zvláštní „finta“. Na displeji v tomto případě se střídavě rozsvěcují číslice 17 a 18 s kmitočtem asi 2 Hz. Časovací oscilátor kmitá na kmitočtu 20 Hz a jeho kmitočet je dělen 10 jedním obvodem SN7490.

Jak již bylo řečeno, měřicí kapacity je na dvou deskách s plošnými spoji – na jedné je kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění, na druhé krytalový oscilátor, monostabilní multivibrátor, časovací obvody a hradla.

### Kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění

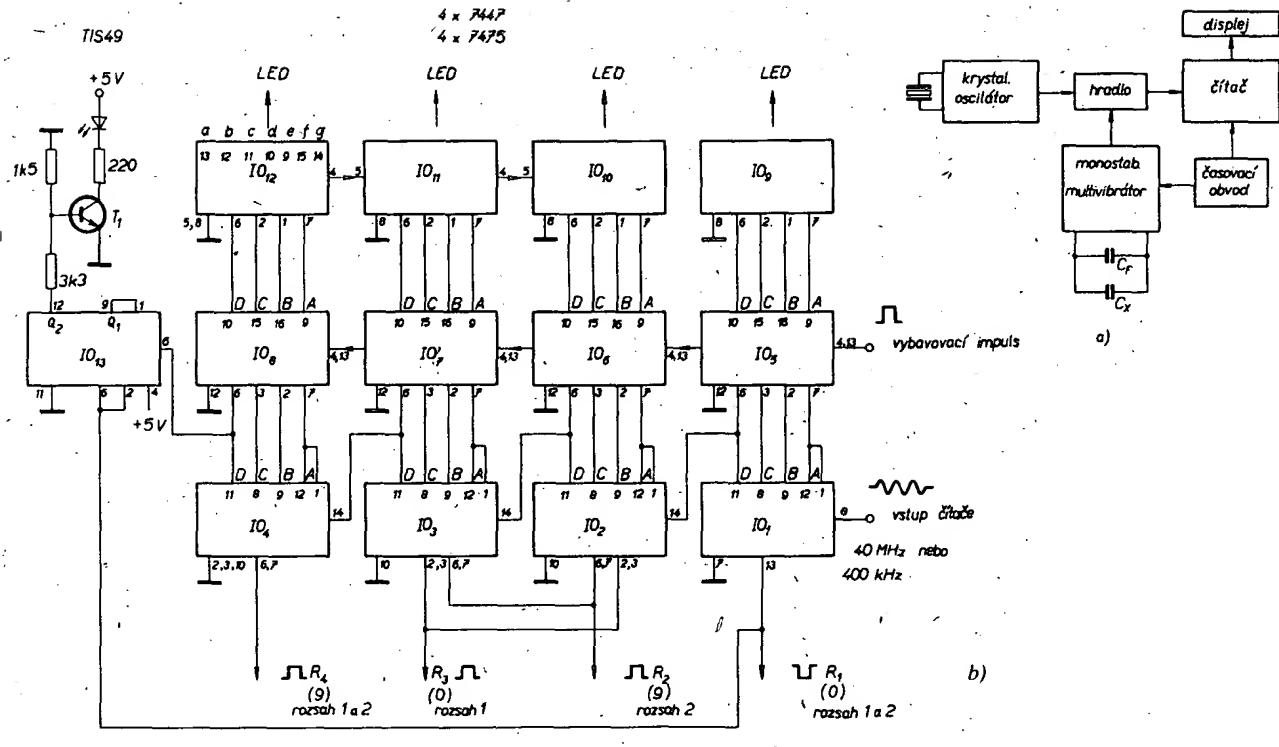
Kmitočtový čítač je čtyřstupňový. Indikátor přeplnění reaguje pouze na každý druhý impuls, jak již bylo řečeno, z posledního desítkového čítače. Jako desítkové čítače jsou použity obvody SN7490, kromě prvního z nich, který je typu SN74196, nebo zpracovává signál o kmitočtu 40 MHz. K buzení sedmisegmentových čísel displeje se používají obvody SN7475 a SN7447A. V indikátoru přeplnění se používají obvod SN7473, spínací tranzistor a dioda LED. Zapojení této části přístroje je běžné a je na obr. 22b.

### Oscilátor, monostabilní multivibrátor a hradla

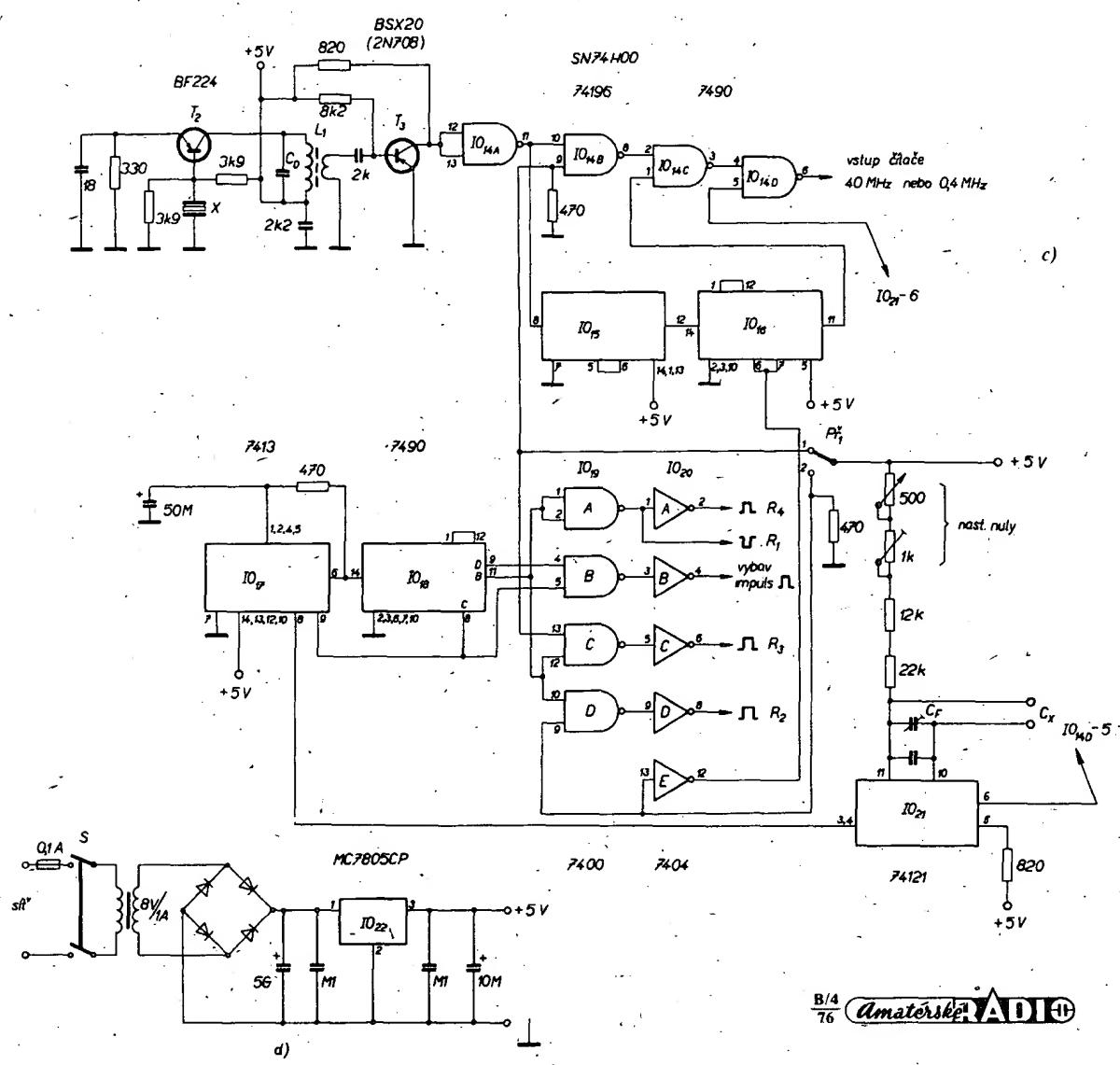
Oscilátor v zapojení podle obr. 22c s krytalovým libovolným kmitočtu v mezích 35 až 45 MHz (používá se 3. harmonická) má dostatečné výstupní napětí k buzení oddělovacího stupně s hradlem  $IO_{14A}$  (SN75H00). Cívka  $L_1$  je zvolena tak, aby s kondenzátorem  $C_0$  rezonovala na kmitočtu oscilátoru. Vazební vinutí má asi 2 z na studeném konci primárního vinutí. Pracovní podmínky celého oddělovacího obvodu s tranzistorem BSX20 musí být nastaveny tak, aby na výstupu hradla  $IO_{14A}$  bylo v napětí větší než 2 V. Výstupní vý napětí z tohoto hradla se vede na další hradla a dělí se stem obvodů  $IO_{15}$  a  $IO_{16}$ . Na výstupu 11  $IO_{16}$  je tedy signál o kmitočtu 400 kHz.

Polovina obvodu  $IO_{17}$  (dvojitý Schmittův klopný obvod) pracuje jako oscilátor, kmitočet je určen kapacitou kondenzátoru (50 pF, tantal) a odporem 470 Ω. Signál z tohoto oscilátoru o kmitočtu 20 Hz se vede na  $IO_{18}$  (desítkový čítač). Výstupy B, C, a D tohoto obvodu poskytují spínací, nulovací a vybavovací impulsy. Spínací impuls z vývodu 8  $IO_{18}$  je upraven (natvarován) a druhé polovině  $IO_{17}$  a veden na  $IO_{21}$  (monostabilní multivibrátor s SN74121), který generuje impulsy, jejichž délka je přímo úměrná kapacitě měřeného kondenzátoru (+  $C_F$ ). Tyto impulsy (na výstupu 6  $IO_{21}$ ) se vedou na jeden ze vstupů hradla  $IO_{14D}$  a z jeho výstupu do čítače.

Vybavovací impulsy se získávají na výstupech 8 a 9 obvodu  $IO_{18}$  a veden na hradlo B obvodu  $IO_{19}$ . Protože jsou impulsy negativní, jsou invertovány jedním z invertorů čtvrtého obvodu SN7404 (obvod D  $IO_{20}$ ).



Obr. 22. Měřicí kapacity 1 pF až 10  $\mu$ F se dvěma měřicími rozsahy; a - blokové schéma, b - kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění, c - krystalový oscilátor, oscilátor 20 Hz, monostabilní multivibrátor a časovací obvody, d - napájecí zdroj



Nulovací impulsy 1 a 4 (reset 1, reset 4, popř.  $R_1$ ,  $R_4$ ) jsou získávány z výstupu 11 obvodu  $IO_{18}$  pomocí  $IO_{19A}$ . Jsou záporné; k získání kladných impulů slouží invertor  $IO_{20A}$  ( $R_2$ ).

Po první rozsah měření musí být impulzy  $R_2$  kladné. Je-li přepínač rozsahů v poloze 1, je otevřeno hradlo  $IO_{19C}$ , jeho výstupní impulzy však mají zápornou polaritu, proto jsou invertovány invertorem  $IO_{20C}$ . Výstup  $R_2$  má úroveň log. 0 a  $IO_{19D}$  je blokován.

Je-li přepínač rozsahů v poloze 2, musí být impulzy  $R_2$  kladné. Proto je otevřeno hradlo  $IO_{19D}$ , zatímco hradlo  $IO_{19C}$  je blokováno a na výstupu  $R_2$  je úroveň log. 0.

Přístroj je napájen jednoduchým napájecím s integrovaným stabilizátorem napětí. Napájecí zdroj je na obr. 22d.

73 Magazine leden 1976

### Jednoduchý vysokofrekvenční voltmetr s operačním zesilovačem

Přístroj na obr. 23 je jednoduchý širokopásmový voltmetr, jímž lze měřit napětí od stejnosměrných napětí až po střídavá napětí o kmitočtu až 20 MHz do 90 V v pěti rozsazích.

Základním článkem přístroje teplotní měnič, který se skládá z odporu (rovný odporový drát), který je zapojen v sérii s předřadnými odpory jednotlivých rozsahů voltmetru. Ve středu odporu je připevněn termoelektrický článek, jímž se měří (snímá) teplota uprostřed odporového drátu. Na výstupu termoelektrického článku je tedy potom stejnosměrné napětí, úměrné čtvrti proudu, procházejícímu odporem. Tato závislost je zřejmá z obr. 23 a slouží ke kalibraci stupnice voltmetru.

Důležitou vlastností teplotního měniče je, že jeho charakteristika je relativně nezávislá na tvaru a kmitočtu procházejícího napětí (proudů). Proto lze dosáhnout dobrého souhlasu stupnice pro stejnosměrné i střídavé napětí obvykle až do kmitočtu 10 MHz, do 60 MHz bývá maximální chyba asi 3 dB (vzhledem k měřicímu rozsahu 0 až 10 MHz).

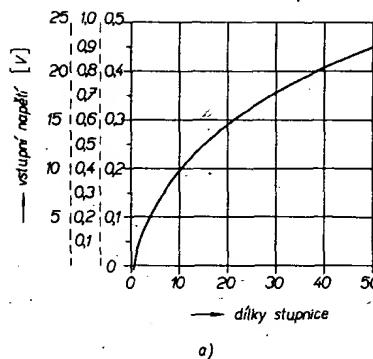
Odpory  $R_1$  až  $R_5$  tvoří dělič napětí, odpory jsou vybrány tak, aby na teplotním měniči bylo vždy napětí maximálně 0,45 V. Výstupní stejnosměrné napětí z měniče se přivádí na neinvertující vstup operačního zesilovače, který je zapojen jako stejnosměrný zesilovač. Zesílení operačního zesilovače je určeno odpory  $R_5$  a  $R_6$ . Výstupní zesílené napětí se měří mikroampérmetrem 0 až 50  $\mu$ A. Nula měřidla se nastavuje potenciometrem  $R_8$  (odporovým trimrem), ke kalibraci obvodu a měřidla slouží proměnný odpor  $R_7$ .

Při uvádění do chodu se před připojením napájecího napětí nastaví běžec odporového trimru  $R_7$  do středu odporové dráhy. Po připojení napájecího napětí je třeba vyčkat několik minut, až se ustálí teplotní podmínky. Pak se potenciometrem  $R_8$  nastaví nula měřidla.

Na vstup přístroje se pak připojí známé stejnosměrné napětí. Nejvhodnější je použít napětí kolem 20 V. Asi po 10 sekundách se proměnným odporem  $R_7$  nastaví na stupnici měřidla taková výchylka ručky, jaká odpovídá podle kalibrační křivky měřenému napětí.

Odpory vstupního děliče je ovšem třeba předem upravit podle vlastnosti teplotního měniče. Měnič bylo možno realizovat i amatérsky podle pokynů ve Škole měřicí techniky, která vychází na pokračování v AR série A.

Operační zesilovač typu 709 lze nahradit naším typem z řady MAA500. Konstrukci



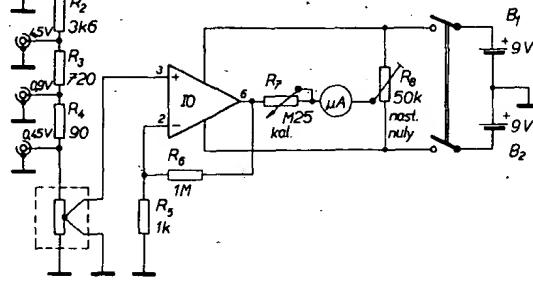
Obr. 23. Vysokofrekvenční voltmetr; a - kalibrační křivka přístroje, b - schéma zapojení. Operační zesilovač typu 709 lze nahradit bezeměny součástek našimi typy z řady MAA500

Potenciometrem (proměnným odporem)  $R_{24}$  se nastavuje plná výchylka ručky na základním, měřicím rozsahu 250 mV. (Proměnným odporem  $R_{24}$  se kompenzuje rozdíl v parametrech jednotlivých kusů použitého typu tranzistoru FET.) Na všech ostatních rozsazích se maximální výchylka ručky nastavuje změnou polohy proměnných odporů v sérii s pevnými odpory vstupních děličů.

Drátový odpor  $R_{26}$  je umístěn na čelním panelu a nastavuje se jím nulová poloha ručky měřidla při zkratovaných vstupních svorkách před započetím měření.

Nastavení přístroje: přepínač rozsahů se přepne na základní rozsah 250 mV. Proměnný odpor  $R_{24}$  se nastaví na nejmenší odpor. Vstupní zdírky se spojí nakrátko. Potenci-

709



b)

tohoto měřiče lze získat pravděpodobně nejlevnější vF voltmetr, jaký je možno amatérskými prostředky zhodit. Navíc je přesnost voltmetu zcela vyhovující především k rychlým orientačním měřením. Jedinou podstatnou nevýhodou voltmetu na tomto principu je závislost přesnosti měření na teplotě okolí, i to lze však konstrukcí značně omezit.

Popular Electronics leden 1976

### Jednoduchý voltmetr s tranzistorem FET

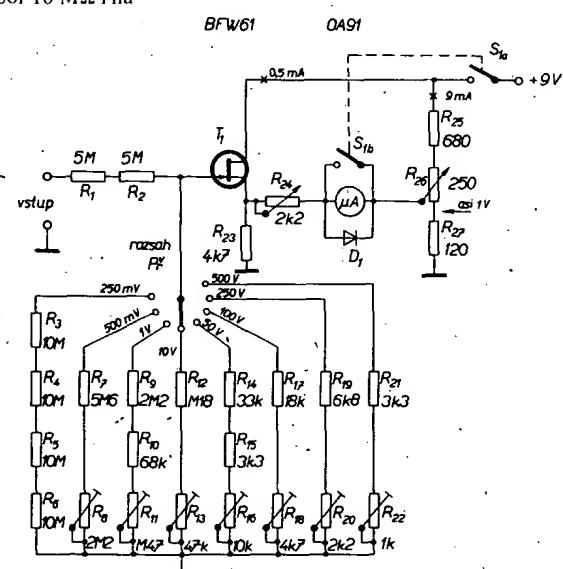
Jednoduchý voltmetr dobrých vlastností k měření stejnosměrných napětí až do 500 V je na obr. 24. K získání velkého vstupního odporu (10 M $\Omega$ ) se v zapojení používá tranzistor typu FET BF6W1 s kanálem typu n, který je zapojen jako emitorový typu n, sledovací. Jednotlivé rozsahy se volí přepínačem, jímž se mění bočníkové odpory mezi řídící elektrodou FET a zemí. Odpory jsou vybrány tak, aby mezi zemí a řídící elektrodou FET bylo napětí 200 mV pro plnou výchylku ručky. Velký vstupní odpor tranzistoru FET a zaporná zpětná vazba na neblobovaném odporu v emitoru (source) tranzistoru FET zaručují vstupní odpor 10 M $\Omega$  i na nejnižších měřicích rozsazích.

Vstupní tranzistor by bylo možno nahradit našimi typy MOSFET; dioda může být libovolná dioda na nejmenší napětí.

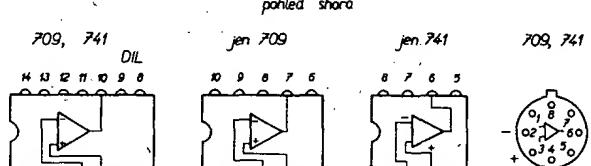
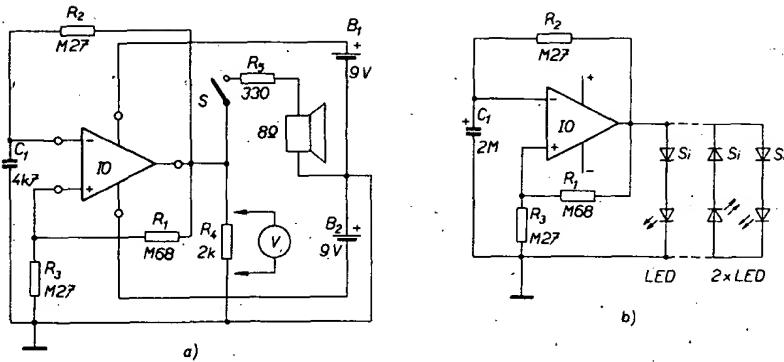
Radio-Electronics leden 1974  
Educational Projects in Electronics (Mullard)

### Základní pokusy s operačními zesilovači

Protože se připravuje od začátku roku 1977 velké zlevnění polovodičových součas-



Obr. 24. Jednoduchý voltmetr s tranzistorem FET s velkým vstupním odporem a s osmi měřicími rozsahy. FET je s náletem typu n



vývod č.	709	741	709	741	709	741
1	-	-	-	-	vst.komp	offset nul.
2	-	-	vstup komp	- vstup	- vstup	- vstup
3	vst. komp	nul. offset	- vstup	+ vstup	+ vstup	+ vstup
4	- vst.	- vst.	+ vstup	- U	- U	- U
5	+ vst.	+ vst.	- U	offset nul.	vst.komp	offset nul.
6	- U	- U	vst. komp	vst.	vst.	vstup
7	-	-	výstup	+ U	+ U	+ U
8	-	-	+ U	-	vst.komp	-
9	výst. komp.	nul. offset	vst. komp.	-	-	-
10	výst.	výst.	-	-	-	-
11	+ U	+ U	-	-	-	-
12	vst. komp.	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	--	-	-	-	-	-

c)

Obr. 25. Jednoduché zapojení ke zkoušení operačních zesilovačů (a); oscilátor 1 Hz s operačním zesilovačem s indikací rozkmitání diodou (nebo diodami) LED (b), přehled typů 709 a 741

tek, budou přístupnější i ty součástky, které byly dosud běžnému smrtevníku nedostupné vzhledem k jejich značné ceně. Současně by měly přijít na trh i další součástky, jako nové polovodičové operační integrovány zesilovače typu 741, později snad i typu 748 atd.

Použití operačních zesilovačů typu 741 se dále velmi podstatně zjednoduší konstrukce nejrůznějších zařízení, z nichž jmenujeme alespoň několik: aktivní regulátory barev zvuku, předzesilovače apod. Základním předpokladem k používání jakýchkoli součástek je možnost ověřit si, jsou-li dobré nebo vadné. Nejjednodušší zapojení ke zkoušení operačních zesilovačů je na obr. 25a. K realizaci zkušebního zapojení je třeba pouze zdroj napájecího napětí a reproduktor (kromě několika odporů a kondenzátoru). Ve zkušebním zapojení je operační zesilovač zapojen jako volně kmitající oscilátor s výstupním napětím pravoúhlého průběhu. Celé zapojení pracuje jako multivibrátor. Činnost operačního zesilovače lze v tomto zapojení jednoduše posoudit změněním výstupního napětí. Výstupní napětí (mezivrcholová velikost) by mělo být minimálně dvěma třetinami velikosti napájecího napětí ( $\pm 9$  V), tj. nejméně 12 V (mezivrcholová velikost).

Je-li sepnut spínač S, budou se z reproduktoru ozývat slyšitelné rázy (tón) a výstupní napětí se zmenší asi na 6 V. Při měření výstupního napětí elektronickým voltmetrem je třeba pamatovat, že voltmeter bude ukazovat asi polovinu napětí mezivrcholového, tj: v prvním případě asi 6 V, v druhém asi 3 V.

Kmitočet oscilátoru je určen časovou konstantou článku  $R_2, C_1$ . Kmitočet oscilací lze

měnit změnou kteréhokoli prvku článku  $RC$  (popř. obou).

Zapojení na obr. 25a pracuje jako zkušební zapojení nejen pro nekompenzované operační zesilovače, ale po přidání kompenzačních prvků i pro typy s kompenzací. Z nekompenzovaných lze jmenovat operační zesilovače LM107, 741, MC1556, CA3100S, HEP-6025P apod., z kompenzovaných typy LM101A, NE531, 709, 748, HEP-6053P.

Velmi vhodnými doplňkovými prvky k operačním zesilovačům jsou diody LED, neboť vyžadují napájecí napětí asi 1,6 V pro proud asi 20 mA (podle typu). Toto napětí a tento proud je k dispozici na výstupu operačních zesilovačů. Obvod na obr. 25b indikuje pomocí LED stav výstupu operačního zesilovače. Obvod na obr. 25b je podobný obvodu na obr. 25a s tím rozdílem, že je větší kapacita kondenzátoru  $C_1$ . Tím se dosáhlo toho, že je kmitočet (opakovací) nižší než 1 Hz (kmitočet výstupních impulsů). Je-li na výstupu zapojena jedna dioda (v pravé části obrázku), bude se rozsvěcovat při každém kladném impulsu (při každé kladné části impulsu). V zapojení diod podle pravé části obrázku se diody střídavě rozsvěcejí při každé kladné a záporné části výstupního signálu.

Na obr. 25c je pro přehled uvedeno zapojení vývodů a vnitřní uspořádání u všech možných pouzder, v nichž se nejobvyklejší operační zesilovače vyrábějí (jde o typy 709 a 741).

## Generátor vysokého napětí a kalibrátor pro osciloskop

Proti běžným zapojením vnitřní části osciloskopů má zapojení na obr. 26a několik předností – především není životu nebezpečné, neboť zdroj vnitřního napětí je poměrně „měkký“, díky čemuž invertor pracuje na kmitočtu 20 kHz, takže se jeho výstupní napětí po usměrnění snadno vyhlašuje a konečně lze ke stabilizaci činnosti obvodu použít zápornou zpětnou vazbu.

Tento díl osciloskopu je částí přístroje, který byl popisován na pokračování v níže uvedeném pramenu několik měsíců. Osciloskop má špičkové vlastnosti a v našich podmínkách by bylo možno realizovat právě uvedené části – zdroj vnitřního napětí a kalibrátor.

Zdroj vnitřního napětí na obr. 26a je tvořen proudem spinaným oscilátorem, pracujícím ve třídě D. Oscilátor generuje sinusové napětí, má však přesto velkou účinnost, obvyklou u transvertorů s výstupním napětím pravoúhlého průběhu. Průběhy napětí v jednotlivých bodech oscilátoru jsou na obr. 26b. Cívku  $L_7$  protéká při kmitočtu oscilací konstantní proud, její indukčnost není kritická. Kritériem ke zhotovení cívky je její impedance na pracovním kmitočtu, která by měla být mnohem větší, než je statický odpor oscilátoru (napájecí napětí oscilátoru děleno napájecím proudem). Výstupní napětí tohoto typu oscilátoru je totiž značně závislé na velikosti zátěže. Transformátor oscilátoru rezonuje na 18 kHz (spolu s svými rozptylovými kapacitami). Sekundární napětí transformátoru je asi 1,5 kV (špičková velikost), napětí se usměrňuje a získává se stejnosměrné napětí asi 1 kV (střední vývod) a po vynásobení třemi asi +3 kV (horní vývod). Protože je odběr záporného napětí mnohem větší než kladného napětí 3 kV, je napětí po ztrojování téměř rovně teoretické velikosti.

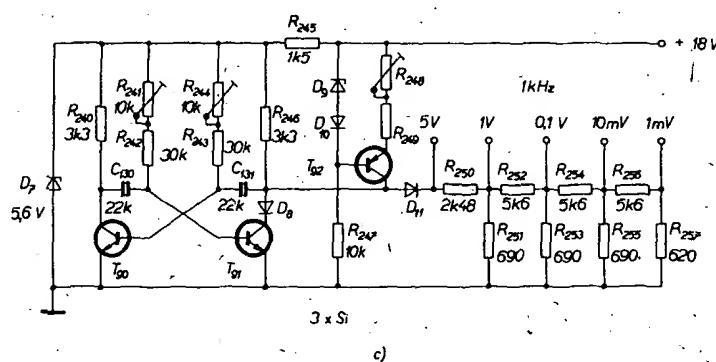
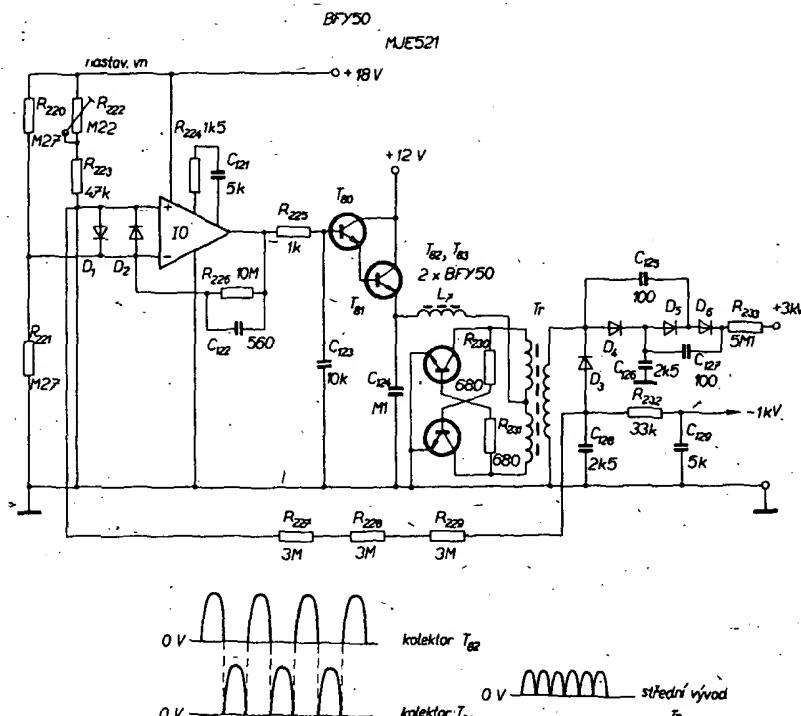
Přívod do stabilizátoru se vede z kondenzátorem  $C_{128}$ . Jako zesilovač odchylky (chybového napětí) je použit operační zesilovač 709, spolu s násobičem proudu (tranzistory  $T_{80}$  a  $T_{81}$ ). Operační zesilovač je zapojen jako neinvertující zesilovač a přiváděné záporné napětí se srovnává se vzorkem napájecího napětí +18 V. Korekční článek pro kmitočet 30 Hz je tvořen odporem  $R_{226}$  a kondenzátorem  $C_{122}$ . Zisk zapojení pro signál kmitočtu 50 Hz je dostatečný k tomu, aby byl dobré potlačen brum s napájecích napětí. Použije-li se místo operačního zesilovače 709 typ 741, lze odpor  $R_{224}$  a kondenzátor  $C_{121}$  ze zapojení vypustit.

Použité tranzistory jsou spinací typy, jejich parametry byly uvedeny v první ročence AR (Katalog tranzistorů a jiných polovodičových součástek). Tranzistory BFY50 bylo možno nahradit našimi typy KSY34, MJE521 je spinací tranzistor s kolektorovou ztrátou asi 40 W (lze ho nahradit např. typem KU605 nebo KUY12), všechny použité diody jsou křemíkové typy.

Transformátor je na feritovém jádru a primární vinutí má  $2 \times 10$  z, sekundární 900 z. Bližší údaje v původním pramenu uvedeny nejsou.

Kalibrátor amplitudy a času je na obr. 26c. Jde o běžný multivibrátor který spiná konstantní proud z příčkového útlumového článku. Výsledkem je výstupní napětí pravoúhlého tvaru se strmými náběžnými i sestupnými hranami, nezávislé na změnách napájecího napětí. Proměnné odpory umožňují nastavit kmitočet výstupního signálu přesně na 1000 Hz a poměr značka-mezera (stříd) na 1:1. Teplotní kompenzaci  $T_{92}$  zabezpečuje dioda  $D_{10}$ .

V kalibrátoru se používají libovolné křemíkové spinací tranzistory a křemíkové dio-



Obr. 26. Část zapojení jakostního osciloskopu – vn část (a), průběhy napětí oscilátoru (ve třídě D) (b), kalibrátor s výstupním napětím 1 mV až 5 V pravoúhlého průběhu (c)

dy. Zenerova dioda  $D_7$  má Zenerovo napětí 5,6 V.

Na výstupním děliči se získávají napětí 1 mV až 5 V, od napětí 1 V jsou výstupní napětí vždy desetinou výššího rozsahu.

Wireless World červenec 1975

#### Přípravek k měření charakteristik diod na osciloskopu

Obvod na obr. 27 je určen k zobrazování charakteristik proud-napětí aktivních dvouvývodových součástek na obrazovce jakéhokoli osciloskopu, který má samostatný zesilovač X. Měřicím napětím může být jakékoli malé střídavé napětí. Výstupní signál pro zesilovač Y (10 mA/V) je určen odporem 100  $\Omega$ . Napětí na měřeném prvku je monitováno diferenčním obvodem a invertováno operačním zesilovačem  $IO_2$ .

Je-li měřený prvek zapojen s obrácenou polaritou, je proud odporem  $R$  dán proudem odpory 470 k $\Omega$  a proudem operačního zesilovače.

Nemá-li použitý osciloskop možnost řídit zesílení zesilovače X, lze napětí na výstupu

pro připojení zesilovače X (vhodná citlivost 1 mA/V) měnit změnou odporu  $R_3$ .

Přístrojem lze měřit charakteristiky tranzistorů UJT, je-li k dispozici ještě jeden pomocný zdroj napětí. Maximální napětí na měřeném prvku (což je saturační napětí operačního zesilovače) lze zvětšovat při současném zmenšování zisku  $IO_1$ .

Jako  $IO$  lze použít operační zesilovače typu 741, nebo při použití kompenzačních prvků i typu 709 (MAA501, 2 až 4).

Wireless World únor 1976

#### Generátor impulsů s integrovaným obvodem

Obvod na obr. 28 byl využit jako zdroj

impulsů pro ovládání číslicových integrovaných obvodů. Jde tedy o zdroj impulsů tzv. hodinových s proměnnou šířkou. Použitý integrovaný obvod je typu 74123, dvojitý monostabilní klopný obvod, který může být přepínán jak kladnými, tak zápornými impulsy. Šířka výstupních impulsů je určena článkem  $RC$ ,  $R$  může být od 5 do 50 k $\Omega$ .

Je-li přepínač v poloze „int.“, jsou monostabilní obvody  $IO$  zapojeny jako astabilní tak, že v jedné poloze prvního monostabilního obvodu je druhý monostabilní obvod v druhé poloze a obráceně. Výstupní signál se odebírá z odporu v emitoru tranzistoru, zapojeného jako emitorový sledovač, takže výstupní impedance generátoru je velmi malá. Doba sepnutí každého z monostabilních obvodů je určena vně zapojeným odporem v sérii s kondenzátorem (na schématu označen hvězdičkou). Tím se dosáhne v závislosti na kapacitě kondenzátorů spinacích a rozpinacích časů v mezi 100 ms až 100 ns, použijí-li se kondenzátory podle tabulky.

Kapacita kondenzátoru $C$	Doba sepnutí
6,8 $\mu$ F	100 ms až 10 ms
0,68 $\mu$ F	10 ms až 1 ms
68 nF	1 ms až 100 $\mu$ s
6,8 nF	100 $\mu$ s až 10 $\mu$ s
680 pF	10 $\mu$ s až 1 $\mu$ s
30 pF	1 $\mu$ s až 100 ns

Je-li přepínač v poloze „ext.“, je doba sepnutí monostabilního obvodu závislá na činnosti tří tranzistorů, zapojených jako Schmittův klopný obvod, jehož výstupní signál má stejný kmitočet, jako signál vstupní. Potenciometrem  $P_1$  lze nastavit spinací úroveň.

K zabezpečení správné činnosti doporučuje autor článku používat v zapojení co nejkratší spoje, především pro hodinové impulsy nejvyšších kmitočtů.

Tranzistory lze nahradit našimi typy KC509, integrovaný obvod tuzemskou náhradou zatím nemá.

Wireless World únor 1976

#### Generátor impulsů

Generátor impulsů generuje záporné jehlovité impulsy o amplitudě asi 8 V s náběžnou dobou asi 50 ns. Jeho zapojení je na obr. 29.

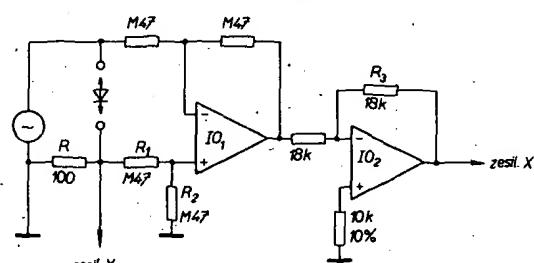
Při připojení napájecího napětí jsou oba tranzistory zprvu uzavřeny. Kondenzátor  $C$  se nabije přes  $R_3$ ,  $R_4$  a  $R_5$ . Jakmile se napětí na něm zvětší o napětí báze-emitor tranzistoru tak, že bude právě o toto napětí větší, než je napětí na bázi, uvede se do vodivého stavu tranzistor  $T_2$ . Obvod se překlopí a na výstupu se objeví záporný impuls.

Pak se kondenzátor začne vybíjet přes  $R_5$  a přechody obou tranzistorů. Vybije-li se náboj kondenzátoru, oba tranzistory se opět uzavřou.

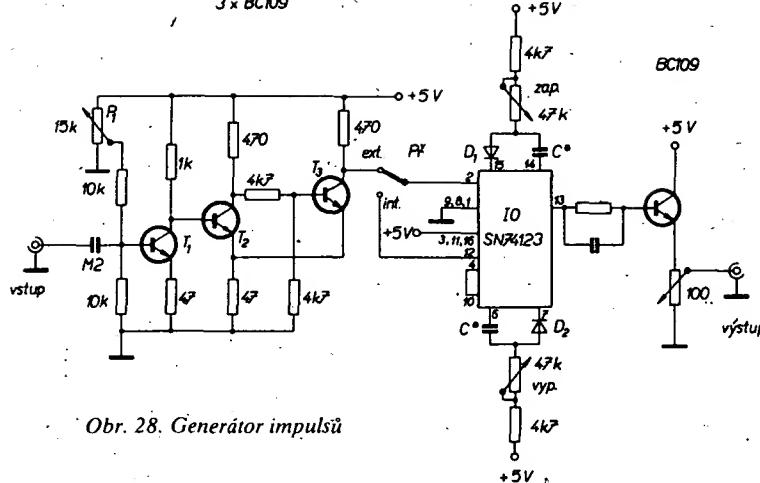
#### Základní technické údaje

Napájecí napětí: 12 V.

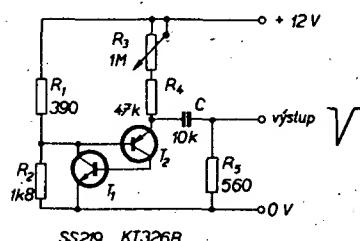
2 x 741



Obr. 27. Přípravek k měření charakteristik diod na osciloskopu



Obr. 28. Generátor impulsů



Obr. 29. Generátor impulsů

Výstupní napětí: asi 8 V.

Opakovací doba impulsů (řiditelná  $R_3$ ): 1 až 12 ms.  
Minimální zatěžovací odpor: 10 k $\Omega$ .

Je-li odpor  $R_5 < (R_3 + R_4)$ , může být doba impulsu určena z opakovací doby impulsů. Je-li  $U_B = 12$  V a jsou-li odpory podle obr. 29, je

$$U_{B2H} = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\begin{aligned} U_{B2H} &= 9,8 \text{ V}, \\ U_{E2H} &= U_{B2H} + U_{BE\text{ T2}}, \\ U_{E2L} &= U_{BE\text{ sat 1}} + U_{BE\text{ sat 2}}, \\ U_{E2H} &= 10,3 \text{ V}, \\ U_{E2L} &= 1,5 \text{ V.} \end{aligned}$$

Při uvažování závěrného napětí báze-emitor tranzistoru  $T_2$  ( $U_{EB0} > 8,5$  V) bude

$$t_i = (R_3 + R_4) C \ln \frac{U_B - U_{E2L}}{U_B - U_{E2H}}$$

$t_i = 0,9$  až 19 ms.

Bude-li průrazné napětí báze-emitor tranzistoru  $T_2$  menší než

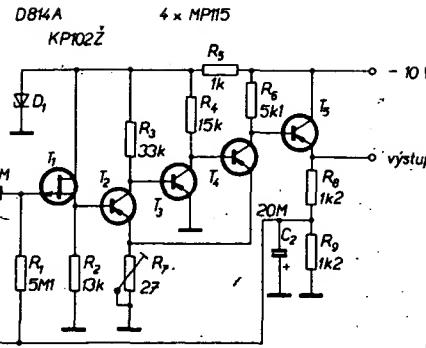
$$U_{BR(EB0)} = U_{E2H} - U_{E2L} = 8,5 \text{ V,}$$

bude tranzistor  $T_2$  pracovat při začátku nabíjení kondenzátoru v inverzním režimu. Odpor  $R_1$  je pak zapojen přes přechod báze-emitor tranzistoru  $T_2$  paralelně k odporům  $R_3$  a  $R_4$ . Pak bude  $t_i$  menší.

Je-li  $R_1 < (R_3 + R_4)$ , může se nabíjet čas určit z napětí

$$U_{E2L} = U_{B2H} - U_{EB0}.$$

Je-li  $U_{EB0} = 4$  V a blíží-li se  $U_{E2L}$  napětí  $U'_{E2L}$ , bude  $U'_{E2L}$  přibližně 5,8 V a  $t_i = 0,65$  až 13 ms.



Obr. 30. Širokopásmový zesilovač s malým šumem

Při zesilování nf signálů je rozsah pracovních kmitočtů od 1 až 2 Hz do 60 až 100 kHz. Přitom je úroveň vlastních šumů menší než 10  $\mu\text{V}$ . Použijí-li se jako  $T_2$  až  $T_3$  tranzistory s vyšším mezním kmitočtem, je horní hranice přenášeného kmitočtového pásma až stovky kHz. V zapojení lze samozřejmě použít i křemíkové tranzistory.

Odběr proudu ze zdroje napětí 10 V je asi 3 až 5 mA.

Odpor  $R_5$  se volí podle druhu Zenerovy diody, odporem  $R_9$  se nastavuje velikost záporné zpětné vazby (její druhé větev). Podrobně je nastavení a uvádění do chodu popsáno v původním pramenu, včetně všech měření na hotových vzorcích.

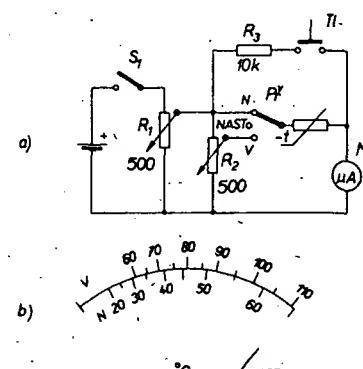
Náhrada tranzistoru  $T_1$  je problematická, jako ostatní tranzistory by bylo možno použít naše typy např. z řady GC. Radio (SSSR) č. 5/1975

#### Jednoduchý a levný měřič teploty

Teploměr na obr. 31a lze použít k měření teploty nekorozivních tekutin, plynů, popř. i povrchu pevných těles. Jeho měřicí rozsah je asi 20 až 110 °C ve dvou přepínatelných rozsazích. Přesnost měření je asi 5 %. Podmírkou rychlého měření je, aby měřicí sonda měla co nejmenší hmotu, která by odváděla teplo z teplotního čidla. Přístroj se napájí z baterie 1,5 V.

Schéma zapojení měřiče teploty je na obr. 31a. Měřicí se skládá z termistoru, který je zapojen v sérii s měřidlem a paralelně k napájecí baterii. Mění-li se při změně teploty odpor termistoru, mění se úměrně i proud měřidla. Při zvyšování teploty se proud měřidla zvětšuje, neboť se zmenšuje odpor termistoru.

Potenciometrem  $R_1$  se vyrovnávají změny napětí baterie. Potenciometr  $R_2$  slouží ke



Obr. 31. Měřič teploty s termistorem a se dvěma rozsahy (a) a jeho průběh stupnice (b)

kalibraci stupnice pro měření vyšších teplot. Tlačítko a odporník  $R_4$  nahrazují při nastavování termistor.

Odběr proudu měřiče je asi až 6 mA.

Obec proslulá mericí je až 3 mm. Termistor jako snímací čidlo byl umístěn místo hrotu v pouzdro kuličkového pera. Jinak je mechanická konstrukce stejně jednoduchá, jako celé zapojení. Ke kalibrování lze použít několik způsobů, nejvhodnějším bude asi měřit teplotu nějaké tekutiny za kontroly běžným teploměrem. Příklad stupnice teploměru je na obr. 31b.

Autor příspěvku uvádí jako nevhodnější použití měření teploty chladičů polovodičových prvků. Lze samozřejmě měřit teplotu jakékoli prostředí, teplota však musí být vždy menší než 150 °C, jinak hrozí nebezpečí zničení měřidla nadměrným proudem.

Abychom se vyhnuli tomuto nebezpečí, bylo by možné nahradit termistor sériovým zapojením odporník-termistor, jehož celkový odporník by byl rovný odporu termistoru v původním zapojení (tj.  $50\text{ k}\Omega$  při teplotě  $20^\circ\text{C}$ ). Pak by ovšem stupnice měřidla měla jiný průběh a byl by menší možný rozsah měření teplot.

*Popular Electronics* únor 1976

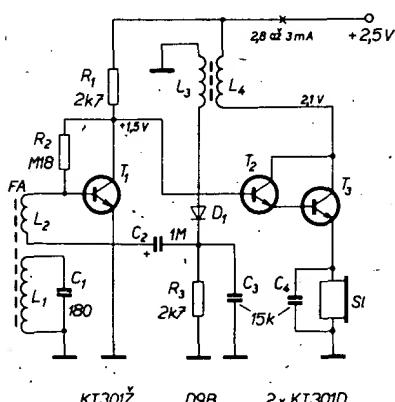
## Přijímací technika

### Jednoduchý reflexní přijímač se „složeným“ tranzistorem

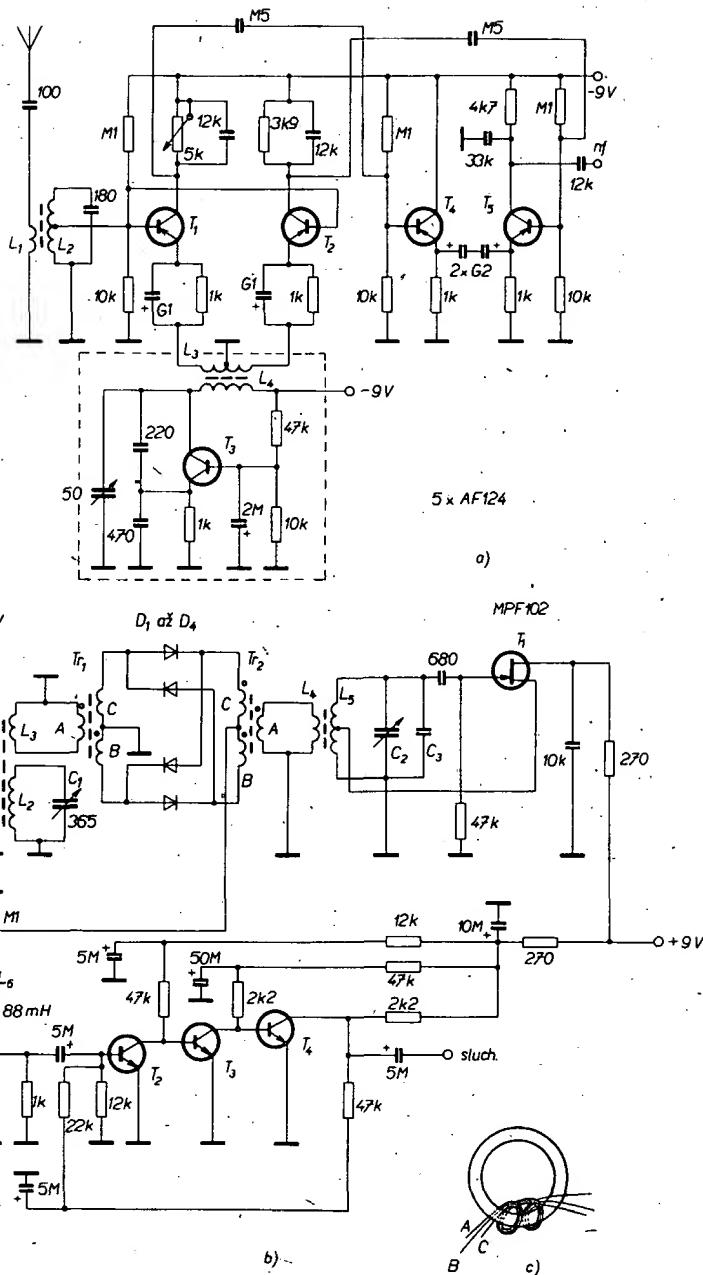
Při konstrukci přijímače byla sledována především miniaturizace rozměrů, proto je přijímač co nejjednodušší. Napájecí napětí je 2,5 V, proud z baterie není větší než asi 3 až 4 mA. Celý přijímač byl stěsnán do pouzdra o rozměrech 50 × 25 × 15 mm.

Charakteristickým znakem přijímače je neobvyklý druhý stupeň (obr. 32, přesný překlad originálu je složený tranzistor), v němž pracuje dvojice tranzistorů v kaskádě. Takto zapojené tranzistory mají relativně velký odpor a značně větší zesílení, než jeden tranzistor. Velký vstupní odpor druhého stupně umožnil přímou vazbu prvního stupně s druhým, čímž se konstrukce značně zjednodušila.

Vstupní signál (pro nějž je nastaven vstupní laděný obvod-cívka feritové antény a kondenzátor  $C_1$ ) je přes vazební vinutí feritové antény přiveden na bázi vstupního tranzistoru (libovolný krémikový tranzistor  $n-p-n$ ). Tranzistor pracuje v zapojení se společným emitem. Odpor  $R_1$  je pracovním odporem tranzistoru jak pro  $v_f$ , tak pro  $nf$ . Zesílený signál se z kolektoru  $T_1$  vede na bázi „složeného“ tranzistoru ( $T_2$ ,  $T_3$ ). Pro  $v_f$  signál je „složený“ tranzistor zapojen se společným



Obr. 32. Miniaturní reflexní přijímač pro příjem jedné stanice v pásmu SV nebo DV



Obr. 33. Přímosměšující přijímač pro příjem v pásmu 80 m (a) a přímosměšující přijímač pro příjem v pásmu 80 m s kruhovým modulátorem (b), schéma vinutí  $Tr$  (c)

emitorem. Zesílený výf signál jde na transformátor  $L_4$ ,  $L_3$ . K sekundárnímu vinutí  $L_3$  je připojen detekční obvod s diodou  $D_1$ .

Velikost demodulovaného (nf) signálu se upravuje odporem  $R_3$ , který je záťží detektoru. Odpor  $R_3$  je paralelně připojen k kondenzátoru  $C_3$ , který odstraňuje z demodulovaného signálu zbytky vf. Přes oddělovač kondenzátor  $C_2$  se vede nf signál na bázi tranzistoru  $T_1$ , který ho zesílí a z jehož kolektoru se zesílený nf signál vede opět na bázi „složeného“ tranzistoru  $T_2, T_3$ . Pro nf signál je tento tranzistor zapojen se společným kolektorem (emitorový sledovač) a pracuje jako zesílovač proudu.

Záteží výstupu příjmače je vinutí sluchátka s malou impedancí.

Ke stabilizaci pracovního režimu jsou v přijímači dvě zpětné vazby – záporná napěťová zpětná vazba, zavedená odporem  $R_2$ , a záporná proudová zpětná vazba, zavedená odporem vinutí sluchátka v emitoru koncového tranzistoru.

Jako feritová anténa je použit feritový trámeček s rozměry  $10 \times 3$  mm délky 48 mm. Cívky  $L_1$  a  $L_2$  jsou navinuty drátem o  $\varnothing 0,08$  mm v sekčích. Sekce  $-L_1$  májí po 20 až 25 z. sekcií, je celkem 10 a jsou rozmištěny

symetricky téměř po celé délce trámečku;  $L_1$  má tedy asi 200 až 210 z. Mezi sekczemi je vzdálenost asi 1 až 1,5 mm, šířka vinutí sekcí je 2 až 2,5 mm. Cívka  $L_2$  je na konci vinutí  $L_1$  a má 4 až 12 závitů stejného drátu. Uvedené počty závitů odpovídají vstupnímu obvodu pro příjem dlouhých vln, pro příjem středních vln je počet závitů  $L_1$  asi 100, a 3 až 7 pro  $L_2$ .

Cívky  $L_3$  a  $L_4$  jsou navinuty na feritovém toroidním jádru o  $\varnothing$  7 mm. Obě mají stejný počet závitů – pro dlouhé vlny 80, pro střední vlny 50 až 60, drát má  $\varnothing$  0,08 mm.

Nejvhodnější pracovní režim tranzistorů přijímače se nastavuje výběrem odporu  $R_2$  (je vhodné použít odrážecího trimru asi  $0,22\text{ M}\Omega$ ). K nastavení vstupního laděného obvodu je vhodné použít jako  $C_1$  paralelní kombinaci pevný + proměnný kondenzátor tak, aby se její výsledná kapacita pohybovala v mezičích asi.  $150$  až  $200\text{ pF}$ . Dojde-li při uvádění do chodu k oscilačím, je třeba vzájemně zaměnit vývody cívky  $L_2$ . Oscilace se projeví zvětšeným odběrem proudu (větším než  $3$  až  $4\text{ mA}$ ).

Deska s plošnými spoji je jednoduchá a je uvedena v původním pramenu.  
*Radio (SSSR) č. 3/1975*

## Přímosměšující přijímače pro příjem na KV

V posledních letech se v praxi především amatérů-vysílačů začaly hojně používat tzv. přímosměšující přijímače. Používají se především jako přijímače pro začátečníky, jako tzv. druhé přijímače, v honu na lišku a konečně i jako přijímače minitransceiverů.

Princip zapojení, tj. směšování přijímaného v signálu se signálem oscilátoru stejného kmitočtu, při němž se ihned získá nf signál, je znám již velmi dříve. Jedním z prvních (ne-li vůbec první) publikovaných zapojení tohoto druhu byl přijímač holandského radioamatéra J. Jagra. Přijímač byl osazen oktodiou EK3, která pracovala jako kmitající směšovač, pentodou EF6 s rezonančními obvody 1000 Hz v řídící mřížce a anodě a konkovanou pentodou EL3, z níž se napájel reproduktor. Přijímač sloužil k příjmu telegrafie, byl publikován v roce 1938.

V roce 1947 popsal G. H. Tucker v Electronic Engineering přijímač-synchrodyn, v němž byl kmitočet oscilátoru synchronizován kmitočtem vstupního signálu. Tímto přijímačem bylo možno přijímat i signály AM.

Principy použité v uvedených přijímačích znovu oživil holandský radioamatér K. Spaargaren, PA0KSB, v roce 1967. Jeho přijímač sloužil k příjmu v pásmu 80 m a jeho zapojení je na obr. 33a. Tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  tvoří balanční směšovač. Na paralelně zapojené báze obou tranzistorů se přivádí vstupní signál. Tranzistor  $T_3$  pracuje jako oscilátor a jeho výstupní signál se vede souměrně do emitorových obvodů obou tranzistorů. Pomocí tranzistorů  $T_4$  a  $T_5$ , které jsou zapojeny jako diferenční zesilovač, se získává nesymetrický nf napětí, jímž lze budit běžný nf zesilovač. K příjmu signálů v pásmu 80 m je třeba, aby oscilátor kmital na kmitočtu 3,5 až 3,8 MHz.

Přijímač byl osazen pěti vF germaniovými tranzistory AF124. Vstupní transformátor má na primární straně 6 závitů, na sekundární straně 40 + 6 závitů, cívky oscilátoru  $L_3$  a  $L_4$  mají  $2 \times 6$  závitů, popř. 40 závitů.

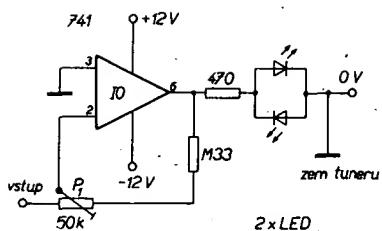
K popularitě přímosměšujících přijímačů přispěl nemalou měrou příspěvek amatérů W7ZOL a W7WKR (Hayward, W. a Birmingham, D.) v časopisu QST č. 11/1968. Jejich přijímač (obr. 2) se skládá z product-detektoru se čtyřmi diodami v zapojení kruhového modulátoru, z oscilátoru s tranzistorem FET a ze třistupňového nf zesilovače, na jehož vstupu je nf dolní propust. Aby nebyl signál oscilátoru vyzařován zpět do antény, musí se dbát na přísnou symetrii zapojení kruhového modulátoru. Cívky kruhového modulátoru ( $Tr_{1,2}$ ) jsou proto vinuty trifilárně (třemi dráty současně) na feritovém toroidním jádru o průměru asi 12 mm. Schéma vinutí je na obr. 33c. Vinutí A, B a C mají po 15 závitech drátu o  $\varnothing 0,35$  mm. Cívky  $L_1$  až  $L_5$  jsou navinuty na toroidních jádřech o  $\varnothing$  asi 18 mm,  $L_1 = L_3 = 15$  závitů,  $L_2$  má 40 závitů, všechny jsou navinuty drátem o  $\varnothing 0,35$  mm CuL,  $L_4$  má 5 závitů,  $L_5$  22 závitů s obojkou na 5. závitu, obě jsou navinuty drátem o  $\varnothing 0,7$  mm CuL.

V originálním zapojení jsou v kruhovém modulátoru použity tzv. Schottkyho diody (výrobce Hewlett-Packard, typ 5082-2800). Při menších náročích na zapojení lze však použít vF detekční diody.

Elektronisches Jahrbuch 1975 (NDR)

## Jednoduchý indikátor vyládění pro přijímače FM - VKV

Výhodou indikátoru vyládění na obr. 34 je jeho jednoduchost, malé stavební náklady a spolehlivá činnost. Princip činnosti je velmi jednoduchý: blížíme-li se při ladění z jedné strany k žádané stanici, svítí jedna z diod



Obr. 34. Indikátor vyládění pro přijímače FM - VKV s operačním zesilovačem

LED na výstupu operačního zesilovače. Je-li stanice správně vyláděna, nesvítí žádná dioda LED, vzdalujeme-li se z místa správného naladění, svítí druhá z diod LED.

Při uvádění do chodu je třeba nastavit potenciometr  $P_1$  tak, aby obě diody zhasly právě při správném vyládění žádané stanice. Odpór na výstupu operačního zesilovače je třeba zvolit tak, aby byl proud diodami omezen na potřebnou velikost (podle typu použitých diod).

Wireless World srpen 1975

## Konstrukční část

### Nf stereofonní zesilovač s MBA810

Před nedávnou dobou se objevil v maloobchodní síti nový integrovaný obvod, rozmnožující řadu monolitických integrovaných obvodů pro spotřební elektroniku, velmi oblíbených u vyspělejších radioamatérů. Jde o nízkofrekvenční zesilovač MBA810; tento integrovaný zesilovač by bylo možno nazvat „mladším, avšak chytřejším bratrem“, známého integrovaného obvodu MA0403, s jehož aplikacemi se v mnoha případech setkáváme čtenáři AR i RK na stránkách těchto časopisů.

Obvod MBA810 byl dosti podrobně popsán v [1], ovšem v době uveřejnění tohoto článku byl obvod prakticky nedostupný, proto článek nemohl vzbudit takovou odpovu, jakou by si byl zasloužil. Protože je kromě toho velmi nesnadné sehnat starší číslo AR a RK, chceme v tomto článku znova informovat čtenáře o základních vlastnostech obvodu, o jeho možných aplikacích a nakonec si popísem konstrukci stereofonního nízkofrekvenčního zesilovače o výkonu  $2 \times 5$  W, v němž je tento velmi zdařilý obvod použit jako základní stavební prvek.

Vzhledem k tomu, že nechci znova opakovat vše, co bylo uveřejněno o MBA810 v [1], odkazují čtenáře, kteří se zajímají o všechny podrobnosti ohledně tohoto obvodu, na již citovaný pramen, který je zcela vyčerpávající. V tomto článku se pak zaměříme na ty vlastnosti obvodu, které jsou z aplikačního hlediska nejzávažnější.

Proti svému předchůdci, MA0403, má obvod MBA810 několik závažných předností. Především je to dosažitelná velikost výstupního nf výkonu. Zesilovač MBA810 je schopen při dobrém chlazení poskytnout trvalý výstupní sinusový výkon až 6 W. Další, neméně závažnou výhodou je, že si zesilovač sám nastavuje samočinně optimální pracovní bod v širokém rozmezí napájecích napětí (od 4,5 V do 20 V) a samočinně udržuje na výstupu napětí, které je polovinou napájecího napětí, a to při jakémkoli napětí v uvedených mezech. Tato jeho vlastnost zajistuje, že zpracovávaný signál je souměrně omezován již při malém přebuzení - to v praxi znamená, že zesilovač je schopen dodat při daném napájecím napětí vždy maximální výkon nezkrášleného výstupního signálu.

Další předností obvodu, především ve srovnání se zesilovačem MA0403, je menší výsledné zkreslení signálu na výstupu zesilo-

váče MBA810 a dále menší počet součástek, požadovaný k realizaci základního zapojení zesilovače.

Domnívám se, že díky této vlastnosti nalezezesilovač MBA810 radioamatérů mnohem širší uplatnění, než jeho méně dokonalý předchůdce, tím spíše, že cena obou je srovnatelná (SMC je pro MBA810 105 Kčs, pro MA0403 98 Kčs).

### Praktická zapojení obvodu MBA810

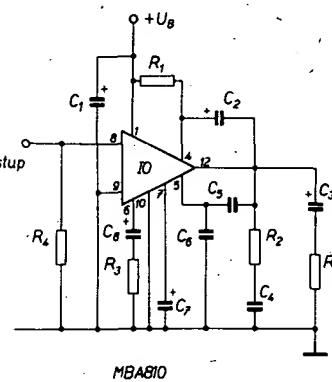
Nejdříve si uvedeme základní zapojení integrovaného obvodu MBA810, které se používá současně i jako zkušební zapojení (obr. 1).

Napájecí napětí se přivádí na vývody č. 10 (zemnice) a 1 (kladný pól napájecího napětí). Kdo má při ruce [1], může si zapojení integrovaného obvodu v zesilovači podle obr. 1 srovnávat současně se zapojením vnitřní struktury (je na obr. 11 v původním pramenu); v zapojení vnitřní struktury integrovaného obvodu je však třeba doplnit vývod z kolektoru  $T_{12}$ , který je označen jako vývod č. 1. Kladné napájecí napětí se přivádí dále přes odpór  $R_1$  (a přes odpór  $R_9$  ve vnitřní struktuře IO, viz obr. 11 v [1]) do předzesilovacích stupňů IO.

Zátežovací odpór  $R_2$  se k výstupu zesilovače (vývod č. 12) připojuje přes kondenzátor  $C_3$ , který odděluje stejnosměrnou složku (polovina napájecího napětí) od výstupního střídavého napětí. Kapacita tohoto kondenzátoru ovlivňuje přenos signálů nízkých kmitočtů. Mezi výstup zesilovače a zem je rovněž zapojen často používaný článek  $RC$ , který zabezpečuje kmitočtovou stabilitu zesilovače při zařízení výstupu zesilovače odporem s indukční složkou (kmitací cívka reproduktoru), článek je tvořen odporem  $R_3$  a kondenzátorem  $C_4$ . Odpór  $R_2$  by měl být bezindukční, proto není vhodné zhotovovat ho navinutím odpovového (nebo jiného) drátu ve tvaru cívky. Vhodný typ odporu je např. TR 144; pokud odpór neseženejme a musíme ho zhotovit z drátu, použijeme tzv. bifilární vinutí.

Kmitočtovou stabilitu zajišťují i kondenzátory  $C_5$  a  $C_6$ , o jejich významu se podrobně zmiňuje autor v článku v [1]. Napájecí napětí pro první stupně zesilovače dodatečně filtrová kondenzátor  $C_7$ .

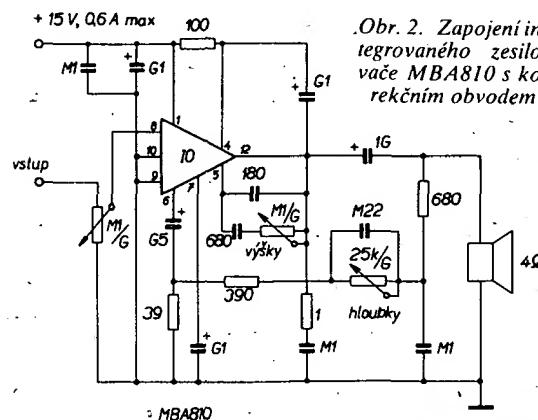
Z vývodu č. 10 vede na zem odpór  $R_3$  v sérii s kondenzátorem  $C_8$ . I funkce tohoto obvodu je podrobně popsána v [1], proto se omezím jen na stručný závěr: volbou tohoto odporu určujeme napěťové zesílení zesilovače (nebo též citlivost zesilovače, tj. vstupní napětí pro určité vybuzení). Tohoto odporu lze tedy využít jako jednoduché a účinné balance (vyvažování kanálů) u stereofonní



verze zesilovače. Aby byl co nejlepší přenos signálů nízkých kmitočtů, musí mít kondenzátor  $C_8$  co nejmenší kapacitní odpor (reaktanci) vzhledem k hodnotě odporu  $R_3$ .

Vývod č. 9 *IO* je tzv. signálová zem a ve skutečném zapojení se na desce s plošnými spoji spojuje s vývodem č. 10 (tzv. zdrojová zem). S těmito vývody *IO* jsou na desce s plošnými spoji obvykle spojeny i střední široké vývody *IO*, sloužící k odvodu tepla z vnitřní struktury *IO*.

Pro vstup signální slouží vývod č. 8. Tento vstup musí být vždy nějakým způsobem spojen „stejnosměrně“ se zemí zesílovače, obvykle se ke spojení používá odpor ( $R_s$ ) nebo potenciometr. V zádném případě nesmí být v sérii s odporem nebo potenciometrem zařazen kondenzátor, neboť do vstupu zesílovače musí vždy těci stejnosměrný vstupní proud asi 0,5  $\mu$ A. Kdybychom zahradili to-muto proudů cestu kondenzátoru, vstupní tranzistor  $IO$  by se zcela uzavřel – to by mělo za následek, že by výstup zesílovače přešel do stavu saturace. Z podobných důvodů se doporučuje nepoužívat na vstupu potenciometr s příliš velkým odporem (větším než 0,5  $M\Omega$ ), nevhodnější je potenciometr do 100  $k\Omega$ . Průtokem vstupního proudu zesílovače vzniká na odporu potenciometru úbytek napětí (největší tehdy, je-li běžec potenciometru nastaven na největší hlasitost a vstup potenciometru oddělen od dalších obvodů kondenzátorom), který způsobuje posuv stejnosměrné úrovne na výstupu zesílovače, což má za následek, že se zmenšuje maximální dosažitelný nezkreslený výstupní výkon.



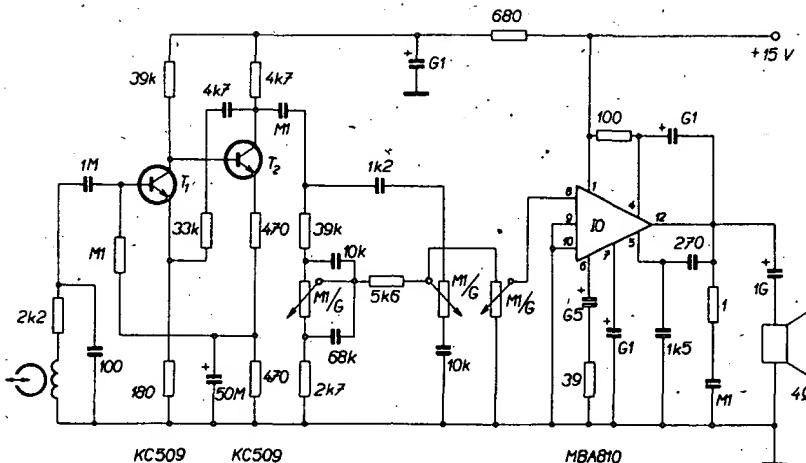
### Zapojení in- něho zesilo- váče BA810 s ko- mí obvodom

Zapojení zesilovače s integrovaným obvodem MBA810 a s obvody pro korekci kmitočtové charakteristiky je na obr. 2. Obvody k řízení hlubokých a vysokých tónů jsou odděleny a umožňují potlačit nebo zdůraznit okrajové části kmitočtového spektra, přenášeného zesilovačem asi o 10 dB.

Dokonalejší zapojení zesilovače s korekčními obvody je na obr. 3. Zapojení samotného integrovaného zesilovače je prakticky shodné se zapojením na obr. 1. Korekční obvody jsou předřazeny výkonovému zesilovači. Vstupní část zesilovače s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  slouží jako předesilovač pro signál z magnetofonové hlavy. Předesilovač lze v případě potřeby upravit tak, aby jeho kmitočtová charakteristika byla lineární a použít ho ke zpracování výstupních signálů z jiných zdrojů.

## **Stereofonní zesilovač s MBA810**

Zapojení stereofonního výkonového zesilovače, které je detailně propracováno včetně návrhu desky s plošnými spoji, je na obr.

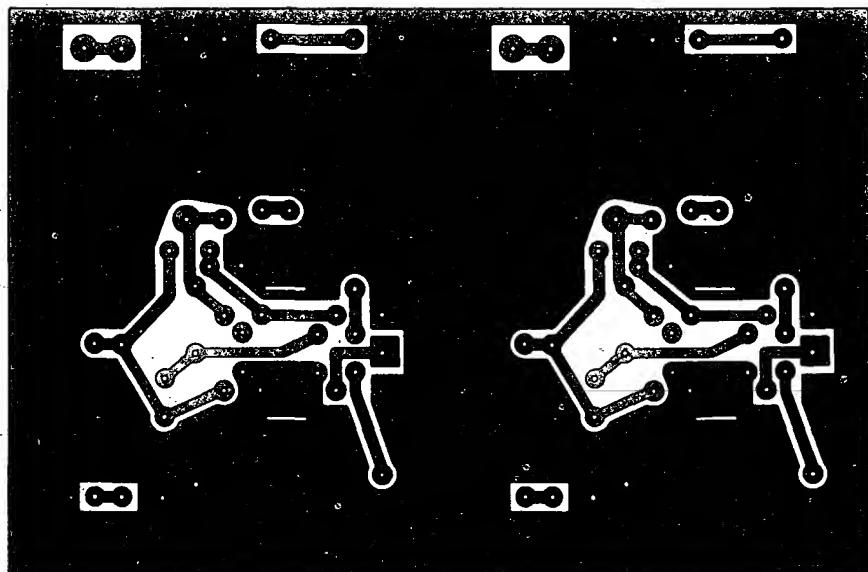
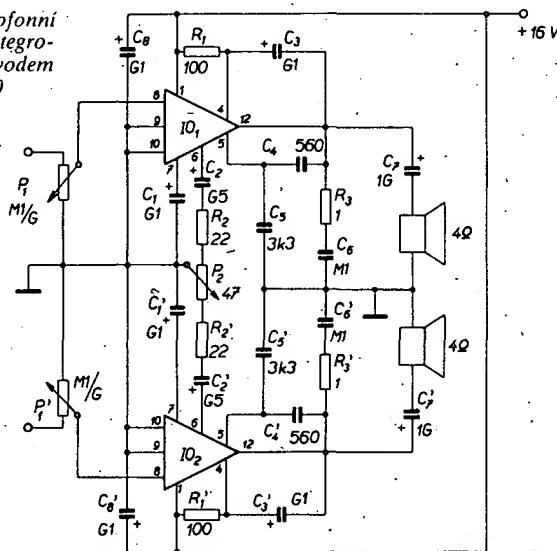


Obr. 3. Zapojení integrovaného zesilovače MBA810 s předzesilovačem pro snímání signálu z magnetofonové hlavy a s korekčním obvodem

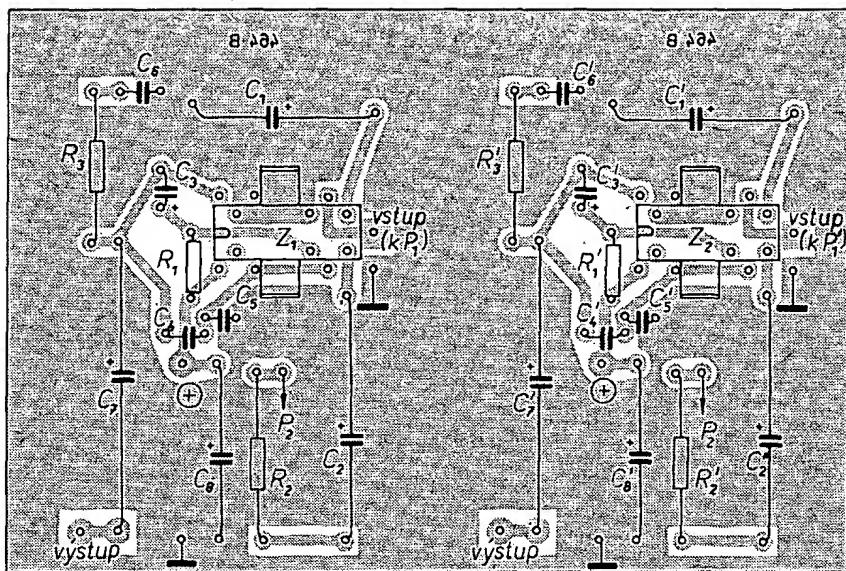
4. Srovnáním s obr. 1 zjistíme, že jde opět o upravené základní zapojení, doplněné o obvod k vzájemnému využívání citlivosti obou kanálů (balance). Jak jsem již uvedl k využívání použijeme změnu odporu  $R_2$  na

zesílení celého zesilovače a nahradíme tedy část tohoto odporu v obou kanálech potenciometrem  $P_2$ , jehož běžec uzemníme. Timto potenciometrem lze pak měnit vzájemný poměr zesílení obou kanálů až o 10 dB, což

Obr. 4. Stereofonní  
zesilovač s integro-  
vaným obvodem  
MBA810



Obr. 5. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji stereofonního zesilovače podle obr. 4 (ze strany spojů, měřítko 1 : 1), viz pozn. na str. 151



Obr. 6. Deska s plošnými spoji stereofonního zesilovače, osazená součástkami

v praxi bohatě postačí. Deska s plošnými spoji stereofonního zesilovače je na obr. 5, deska osazená součástkami na obr. 6. Jak je z obr. 5 i 6 zřejmé, skládá se deska pro stereofonní zesilovač ze dvou shodných polovin, takže pouhým rozdělením desky uprostřed získáme destičky pro dva samostatné výkonové zesilovače, např. pro přijímač do auta atd.

Deska s plošnými spoji je navržena tak, aby na ní zbylo maximum měděné fólie (která je spojena se středními širokými vývody integrovaného obvodu a současně se zemí). Plocha fólie je až kolem 90 % plochy celé destičky. Tím bylo dosaženo toho, že samotná fólie na desce s plošnými spoji odvede za provozu zesilovače tolik tepla (které vyzáří do okolí), kolik odpovídá trvalému sinusovému výkonu asi kolem 4 W (pro každý kanál). Dále zlepší odvod tepla (což umožní dálé zvětšit trvalý výstupní výkon) lze např. tím, že destičku s plošnými spoji přisroubujeme ke kovovému šasi nebo ke stěně; dnu apod. skřínky (popř. k jinému kovovému tělesu, které může sloužit jako chladič) pomocí tlustostenných distančních válečků, nejlépe měděných.

Potrebujeme-li, aby měl zesilovač co nejmenší rozložení, můžeme destičku ostříhnout např. nůžkami na plech tak, aby se na ni součástky právě „vesly“ (rozměr bude tedy asi  $50 \times 65$  mm). Destička téhoto rozložení je potom schopna vyzářit teplo, odpovídající trvalému sinusovému výkonu asi kolem 3 W. Jen pro úplnost – všechny tyto údaje byly změřeny a ověřeny při teplotě okolí asi 18 °C. Bude-li téplota okolí za provozu zesilovače vyšší, bude třeba příslušně zmenšit vyzářený výkon nebo zvětšit plochu chladiče. Protože však při běžném použití zesilovače vždy o přenos tzv. přirozeného signálu (hudba, řeč), domnívám se, že teplné přetížení obvodu neprispadá v úvahu ani za nepříznivějších teplotních podmínek.

#### Technické údaje zesilovače

Napájecí napětí:	20 V.
Výstupní výkon:	6 W (sinus).
Klidový proud:	10 mA.
Odběr proudu při plném využití:	asi 800 mA.

**Kmitočtová charakteristika:** 35 Hz až 16 kHz (výstupní výkon 3 W, tolerance – 3 dB vzhledem k úrovni při 1000 Hz).

Při měření nebyl k dispozici bohužel měřicí zkreslení, výstupní výkon je proto udán jako výkon, při němž se na obrazovce osciloskopu o  $\varnothing 12$  cm projevil na výstupním signálu počátek omezení. Protože takto postupuje při měření většina běžných radioamatérů, domnívám se (také vzhledem k předpokládanému použití zesilovače – běžné spotřební elektronické přístroje), že tento údaj plně postačí. Kromě toho tak jako tak měřicí zkreslení nepatří (bohužel) dosud k běžné výbavě měřicích pracovišť, ať již jde o pracoviště amatérská, nebo (pohřební) i profesionální.

#### Oživení a nastavení zesilovače

Po kontrole součástek, osazení desky s plošnými spoji a opětovné kontrole zapojení můžeme přikročit k oživení a nastavení zesilovače.

Díky vlastnostem integrovaného obvodu MBA810 jsou tyto operace velmi jednoduché. Na výstup zesilovače připojíme předepsaný zatěžovací odpor (4 Ω) a přes ampérmetr připojíme napájecí napětí. Klidový odběr proudu (bez využití) kontrolujeme zvlášť pro každý kanál stereofonního zesilovače. Je-li klidový odběr proudu v mezech 8 až 20 mA, je vše v pořádku a můžeme zesilovač zkoušet signálem z generátoru.

Paralelně k zatěžovacímu odporu připojíme osciloskop a nf milivoltmetr, na vstup (horní konec potenciometru hlasitosti) připojíme nf generátor. Potenciometr hlasitosti nastavíme na největší hlasitost, potenciometr vyvážení asi do středu odporové dráhy. Výstupní signál generátoru nastavíme na kmitočet 1 kHz a jeho velikost tak, aby byl výstupní signál zesilovače nepatrně omezený. Zjistíme velikost výstupního signálu – udává citlivost pro plné využití. Potom změříme signál na výstupu zesilovače nf milivoltmetrem; výstupní výkon můžeme určit ze vztahu

$$P = U_{\text{výst}}^2 / R \quad [\text{W; V, } \Omega]$$

Po této základní kontrole kontrolujeme kmitočtovou charakteristiku. Výstupní napětí generátoru změníme tak, aby byl výstupní výkon asi poloviční (tj. asi 3 W). Prolaďuje-

me nf generátor a průběžně si zaznamenáváme údaje výstupního milivoltmetru. Vstupní napětí udržujeme na konstantní velikosti. Byly-li ke stavbě použity změřené součástky běžných tolerancí ( $\pm 10\%$ ), musí být naměřené údaje v souladu s uvedenými technickými údaji.

Při proměřování zesilovače sinusovým signálem (především tehdy, používáme-li tvrdý zdroj napájecího napětí a napětí u horní meze povolené velikosti, tj. asi 20 V), je vhodné sledovat teplotu pouzdra MBA810, abychom integrovaný obvod nezničili tepelným přetížením. Provoz za mezních povolených parametrů je možný totiž pouze tehdy, postaráme-li se o dokonalý odvod tepla z pouzdra IO chladičem, který bude mít co nejlepší styk s širokými středními vývody pouzdra; doporučuje se opatřit styčné plochy chladiče silikonovou vazelinou.

V současné době se v n. p. TESLA Rožnov dokončuje vývoj podobného zesilovače (má mít označení MBA810S), který bude mít ve vnitřní struktuře tepelnou pojistku. Tato pojistka pak samočinně omezí buzení koncového stupně v závislosti na teplotě uvnitř pouzdra tak, aby se obvod přehřátí zničit nemohl. Při zmenšování výstupního výkonu nebude výstupní signál nijak deformován, tzn., že pojistka sama nevnáší do signálu žádná zkreslení.

Závěrem ještě několik slov k napájecímu zdroji. Chceme-li zesilovač provozovat na mezi jeho možnosti (tj. chceme-li dosáhnout maximálního výstupního výkonu), musíme ho napájet ze zdroje, jehož výstupní napětí bude konstantní a rovně dovolenému maximálnímu napájecímu napětí i při relativně velkém odberu proudu. Při použití běžného zdroje s usměrňovačem a vyhlašovacím kondenzátorem je třeba počítat s tím, že při zatížení se i při dobrém navrženém transformátoru zmenší výstupní napětí zdroje např. z původních asi 20 V až na 14 až 16 V. Při napájecím napětí v uvedeném rozmezí maximálního výkonu dosáhnout nelze, je tedy třeba použít stabilizátor (nejlépe s elektronickou pojistikou, která omezuje výstupní proud asi na 1,5 až 2 A). Velmi dobré se např. hodí zdroj, který bude dálé popisán; je ovšem třeba použít vhodný typ Zenerovy diody a vypočítat odpory  $R_1$  a  $R_2$  (obr. 7).

Transformátor zdroje je vhodné navrhout tak, aby se stejnosměrné napětí na filtračním kondenzátoru za usměrňovačem zmenšílo při plném využití asi na 18 V, aby nedocházelo ke zbytěčným ztrátám na regulačním tranzistoru stabilizátoru.

#### Seznam součástek

Potenciometry	
$P_1, P_1'$	100 kΩ, logaritmický, TP 283
$P_2$	47 Ω, TP 680 nebo WN 691 70
Odpory	
$R_1, R_1'$	TR 151, 100 Ω
$R_2, R_2'$	TR 144, 22 Ω
$R_3, R_3'$	TR 144, 1 Ω
Kondenzátory	
$C_1, C_1'$	TE 984, 100 $\mu$ F/15 V
$C_2, C_2'$	TE 982, 500 $\mu$ F/10 V
$C_3, C_3'$	TE 003, 100 $\mu$ F/10 V
$C_4, C_4'$	560 pF, keramický
$C_5, C_5'$	3,3 nF, keramický
$C_6, C_6'$	TK 783, 0,1 $\mu$ F (keramický)
$C_7, C_7'$	TE 984, 1000 $\mu$ F/15 V
$C_8, C_8'$	TE 984, 100 $\mu$ F/15 V

#### Deska s plošnými spoji

464 B (viz poznámku na str. 151)

Chceme-li stavět jen jeden kanál zesilovače, zvolíme jako  $R_2$  odpór asi  $47\ \Omega$  a jeho konec, který je ve schématu stereofonního zesilovače spojen s potenciometrem  $P_2$ , uzemníme. Jako  $P_1$  pak použijeme samozřejmě nikoli tandemový, ale jednoduchý potenciometr.

#### Literatura

[1] Radiový konstruktér č. 5/1974, str. 45 až 53.  
 [2] Technical Note SGS-ATES.

#### NAPÁJECÍ ZDROJE

Jak vyplynulo mimo jiné i z ankety AR, uspořádané redakcí začátkem tohoto roku, mají čtenáři obou časopisů redakce (AR/A i AR/B) nejrůznější zájmy a různě i přistupují k obsahu jednotlivých čísel. Jsou čtenáři, kteří v článcích hledají spíše inspiraci, námět nebo informace o zapojení, které potom učíni na čas předmetem svého zájmu, snaží se jej různě vylepšovat, upravovat pro jiné pracovní podmínky nebo jiné součástky a kteří nelíží žádných (především časových) oběti, které musí této činnosti přinést. To jsou právě a především ti, jimž se určitá činnost (v tomto případě elektronika) stala koníčkem. Jiný druh čtenářů bere odborný časopis jako zdroj aktuálních informací, které mu pomáhají v jeho profesi – ať již při řešení konkrétních pracovních úkolů, nebo při růstu odborné úrovně. Tito čtenáři vyhledávají většinou solidně propracované a do konce dovedené konstrukce, ať již jde o složitá zařízení, nebo pouze o jednotlivé konstrukční díly těchto zařízení. Dále ovšem existuje velmi početná skupina čtenářů, kteří mají charakteristické znaky obou uvedených skupin.

Následující stránky jsou věnovány několika obvodům, které nedávají mnoho možnosti k úpravám nebo podstatným změnám. Jde o zapojení, která mohou sloužit jako stavební díly při konstrukci složitějších přístrojů. Jejich využití však může přinést určitou úsporu času, neboť se není třeba při jejich použití zabývat návrhem obvodu, návrhem desky s plošnými spoji, měřením a zkoušením atd. Jde o zapojení různých stabilizovaných zdrojů celkem běžných parametrů, které lze mnohostranně použít v nejrůznějších přístrojích a zařízeních. Parametry obvodů byly však přesně změny na vzorcích a lze jim důvěrovat, protože vzorky byly zhotoveny v několika kusech. Je tedy pouze třeba vědět, jaké požadavky budou na zdroj kladený vzhledem k napájenému zařízení a srovnáním posoudit, který z popisovaných zdrojů by vyhověl nejlépe.

#### Stabilizované zdroje k napájení číslicových integrovaných obvodů

Jak je všeobecně známo, číslicové integrované obvody řady MH se napájejí napětím 5 V. Požadavky na stabilitu výstupního napětí zdrojů nejsou zvláštní, ve většině případů vyhoví stabilita výstupního napětí  $\pm 5\%$ , což lze za běžných podmínek splnit bez velkých potíží.

Zapojení stabilizátoru na obr. 7 je běžné, uvádíme ho především proto, že je velmi

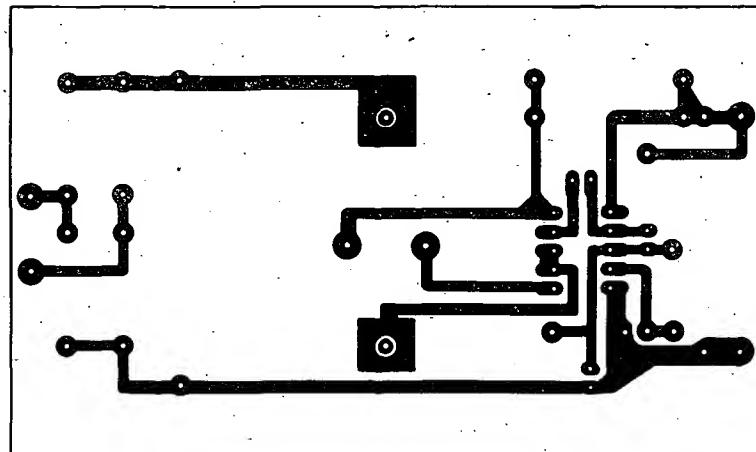
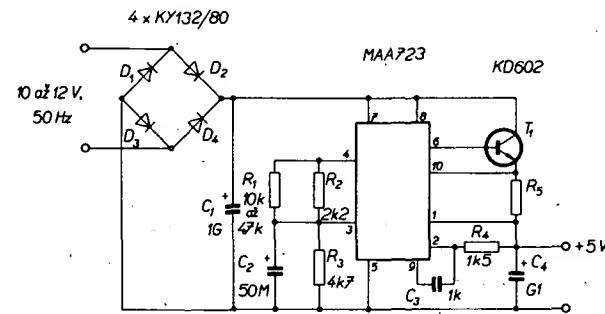
praktické, neboť je na poměrně velmi malé desce s plošnými spoji, a to včetně usměrňovače a filtru. Jak je z obr. 7 zřejmé, jde o stabilizátor s integrovaným obvodem MAA723, který je doplněn proudovým zesilovačem (emitorový sledovač s výkonovým tranzistorem).

Diferenční zesilovač regulační odchylky, obsažený ve struktuře integrovaného obvodu, má neinvertující vstup (vývod č. 3) připojen na odporný dělič (odpory  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$ ). Napětí referenčního zdroje v IO (asi 7 V na vývodu č. 4) se děličem změní na 5 V. Protože je regulační smyčka v rovnováze jen tehdy, když na invertujícím vstupu (vývod č. 2) napětí stejně velikosti, a protože je tento vstup připojen k výstupu stabilizátoru, bude i na invertujícím vstupu napětí 5 V. (Všechna napětí jsou měřena proti společnému, zemnícímu nebo nulovému vodiči.)

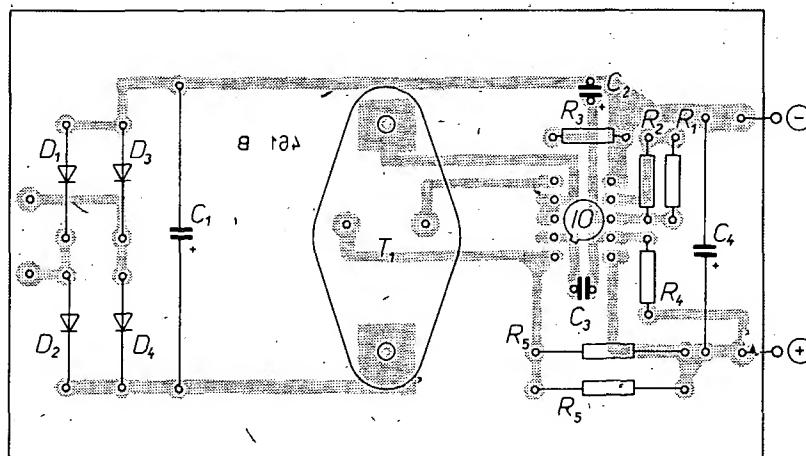
Odpor  $R_4$ , zařazený mezi výstup stabilizátoru a invertující vstup, je přibližně stejný jako výstupní odpor děliče referenčního napětí v místě, kde je k děliči připojen vstup zesilovače regulační odchylky. Tím se kompenzuje vliv změny proudu, tekoucích do bází tranzistorů tohoto zesilovače.

Výstupní tranzistor vnitřní struktury integrovaného obvodu lze zatěžovat proudem maximálně 150 mA. Proto se tento výstup (vývod č. 6) používá k buzení výkonového tranzistoru  $T_1$ . Mezi emitor tohoto tranzistoru a výstupní svorku stabilizátoru je zapojen odpor  $R_5$  elektronické pojistky. Odpor určíme podle proudu, který má být maximálním odebíraným proudem stabilizátoru. Při výpočtu odporu vycházíme z toho, že pojistka mezi proudu na velikost, při níž se na odporu  $R_5$  vytvoří úbytek napětí asi 0,65 V. Platí tedy vztah, že maximální výstupní proud  $I_0$  je

Obr. 7. Stabilizovaný zdroj 5 V s integrovaným stabilizátorem MAA723



Obr. 8. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji stabilizovaného zdroje podle obr. 7 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151.



Obr. 9. Deska stabilizovaného zdroje s MAA723, osazená součástkami

$$I_0 = \frac{0,65}{R} \quad [\text{A}; \Omega]$$

Příklad: výstupní proud stabilizátoru bude omezen na 0,8 A, bude-li  $R_s = 0,81 \Omega$ .

Kondenzátor  $C_2$  filtryuje dodatečně referenční napětí a tím zlepšuje činitel potlačení zvlnění napětí na výstupu stabilizátoru vzhledem ke zvlnění, které lze změřit na kondenzátoru  $C_1$ .

Kondenzátor  $C_3$  zajišťuje stabilitu regulační smyčky. Jeho kapacita není kritická, pouze větší kapacity způsobují zpomalení odesvy stabilizátoru na změny zátěže.

Stabilizátor je napájen ze zdroje, který je tvořen můstkovým usměrňovačem a vyhlažovacím kondenzátorem  $C_1$ . Minimální napájecí napětí pro integrovaný obvod, při němž je ještě zajištěna jeho spolehlivá činnost, je 9,5 V. Proto musíme dbát na to, aby sekundární napětí použitého transformátoru bylo zvoleno tak, aby na vývodech č. 7 a 8 integrovaného obvodu bylo napětí 9,5 V i při maximálním odběru proudu ze stabilizátoru.

#### Stavba, oživení a seřízení

Použijeme-li ke stavbě zdroje ověřené součástky, nebude oživení zdroje činit žádné potíže. Do desky s plošnými spoji (předloha ke zhotovení desky je ze strany spojů a v měřítku 1 : 1 na obr. 8, deska osažená součástkami je na obr. 9) zapojíme všechny součástky (kromě odporníku  $R_s$ ), vypočteme a zapojíme i odpory pojistky  $R_s$ . Odpory menší než 1  $\Omega$  se běžně realizují odporym drátem vhodné délky a vhodného průměru, v našem případě jsme se s tímto problémem vypořádali tak, že je deska s plošnými spoji navržena pro použití odporníků z řady TR 144, které se vyrábějí již od 1  $\Omega$ . Zapojíme-li tedy do desky jeden odpor TR 144, 1  $\Omega$ , bude výstupní proud omezený přibližně na 0,65 A. Zapojíme-li do desky tyto odpory dva paralelně, bude výstupní proud omezený asi při 1,3 A. Omezení výstupního proudu nad 1 A dosáhneme, zapojíme-li paralelně odpory 1  $\Omega$  a 1,8  $\Omega$ . Výkonová zatížitelnost odporníku vyhoví ve všech jmenovaných případech.

Předpokládejme, že odporník  $R_s$  je zvolen tak, že výstupní proud bude omezen při odběru proudu větším než 50 mA. Výstup zdroje zatížíme odporem 100  $\Omega$  (alespoň 0,25 W) a na vstup usměrňovače přivedeme dostatečně „tvrdé“ napětí 10 až 12 V (střídavé napětí). Paralelně k zatížovacímu odporu připojíme voltmetr a výběrem  $R_1$  nastavíme výstupní napětí přesně na 5 V.

Tím je celý stabilizátor nastaven a zdroj je připraven k použití.

#### Technické vlastnosti

Nejdůležitější vlastnostmi stabilizovaných zdrojů pro běžné aplikace jsou činitel stabilizace a výstupní odporník. Činitel stabilizace vystihuje, jak se na výstup stabilizátoru přenáší změny vstupního napětí; bude-li např. činitel stabilizace 1000, potom se při změně vstupního napětí o 1 % změní výstupní napětí o 1 mV.

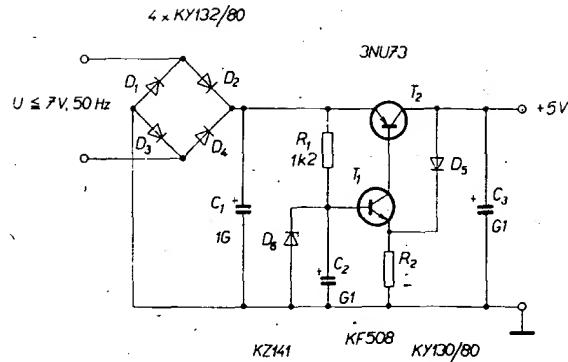
Výstupní odporník záleží určuje, jak se stabilizátor chová při změnách zátěže. Bude-li např. výstupní odporník stabilizátoru 50 m $\Omega$ , pak se při změně výstupního proudu o 0,8 A změní výstupní napětí o 40 mV.

U popisovaného stabilizátoru byl náměřen činitel stabilizace 5000, jeho vnitřní odporník byl 4 m $\Omega$ .

#### Seznam součástek

Polovodičové prvky	
$I_0$	MAA723
$T_1$	KD602
$D_1$ až $D_4$	KY132/80

Obr. 10. Jednoduchý jistěný stabilizovaný zdroj 5 V s germaniovým výkonovým tranzistorem



#### Odpory

$R_1$	10 až 47 k $\Omega$ (viz text)
$R_2$	TR 151, 2,2 k $\Omega$
$R_3$	TR 151, 4,7 k $\Omega$
$R_4$	TR 151, 1,5 k $\Omega$
$R_5$	TR 144, viz text

#### Kondenzátory

$C_1$	TE 984, 1000 $\mu\text{F}$ / 15 V
$C_2$	TE 002, 50 $\mu\text{F}$ / 6 V
$C_3$	1 nF, keramický
$C_4$	TE 981, 100 $\mu\text{F}$ / 6 V

#### Deska s plošnými spoji

461 B (viz poznámku na str. 151)  
Síťový transformátor podle oděbraného proudu (viz text)

### JEDNODUCHÝ A ÚSPORNÝ STABILIZÁTOR NAPĚTI 5 V

Zapojení jednoduchého a úsporného stabilizátoru 5 V je na obr. 10. I tento stabilizátor vyhovuje svými parametry pro běžná zapojení s číslicovými integrovanými obvody. Jde o zapojení, maximálně využívající zesílení tranzistorů, které je vybaveno elektronickou pojistikou, která spolehlivě chrání zdroj proti zkrátkám na výstupu. Velikost proudu, od kterého dochází k omezení, je závislá na odporníku  $R_2$  a na proudovém zesílzacím činiteli tranzistoru  $T_2$ .

Zpětná vazba stabilizátoru je užavřena přes diodu  $D_5$ . Protože je v rovnovážném stavu dioda otevřena, je na emitoru tranzistoru  $T_1$  výstupní napětí, zmenšené asi o 0,6 V (úbytek napětí na polovodičovém přechodu). Na bázi tohoto tranzistoru musí být napětí větší asi o 0,6 V, než je na emitoru. Protože napětí na bázi tranzistoru je závislé na napětí Zenerovy diody  $D_6$ , bude výstupní napětí stabilizátoru závislé na napětí Zenerovy diody.

Tranzistor  $T_1$  je vlastně zdrojem konstantního proudu (pevné napětí na bázi, odporník v emitoru). Tento proud je dán odporem  $R_2$  (je-li  $U_B = \text{konst.} = 5 \text{ V}$ ). Odpor můžeme určit ze vztahu

$$I_{T1} = \frac{U_B - 0,6}{R_2} \quad [\text{mA}; \text{V}, \text{k}\Omega]$$

Pak již závisí pouze na proudovém zesílzacím činiteli  $T_2$ , jak velký proud je schopen tranzistor poskytnout při tomto „buzení“. Uvedeme si příklad: chceme, aby stabilizátor poskytoval proud až 0,6 A. Vypočítáme tedy odpor  $R_2$  tak, aby k omezení výstupního proudu došlo při 0,75 A.

Nejprve si změříme proud, potřebný k využení tranzistoru na  $I_C = 0,75 \text{ A}$ . Naměříme např. 16,6 mA (tranzistor má tedy zesílení 45, tj. jeho proudový zesílzací činitel je 45). Z tohoto údaje vypočítáme  $R_2$  podle výše uvedeného vztahu

$$R_2 = \frac{U_B - 0,6}{I_{T1}} \quad [\text{k}\Omega; \text{V}, \text{mA}]$$

Dosadíme-li do této rovnice, dostaneme  $R_2 = 265 \Omega$ , použijeme nejbližší vyšší odpor v řadě, tj. 270  $\Omega$ . Kontrolním výpočtem zjistíme pak skutečnou velikost proudu, při níž dojde k omezení

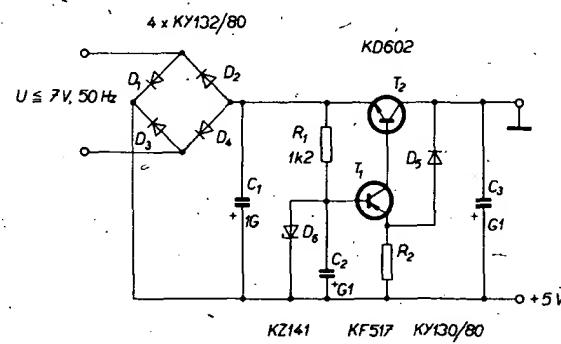
$$I_{\text{omez.}} = \frac{(U_B - 0,6)}{R_2} h_{21E} = \\ = \frac{4,4}{0,265} \cdot 45 \doteq 0,747 \text{ A}$$

V zapojení je nutno použít komplementární tranzistory. Proto byl jako  $T_2$  zvolen germaniový tranzistor, neboť výkonový křemíkový tranzistor p-n-p nemí zatím běžně na trhu (i když je již uveden v novém katalogu n. p. TESLA Rožnov pod označením KD617). Kdo má nedůvěru ke germaniovým tranzistorům, může použít zapojení na obr. 11, pro obě zapojení platí jedna deska s plošnými spoji, pouze se zamění tranzistory za typy s opačnou vodivostí a zamění se polarita elektrolytických kondenzátorů a diod.

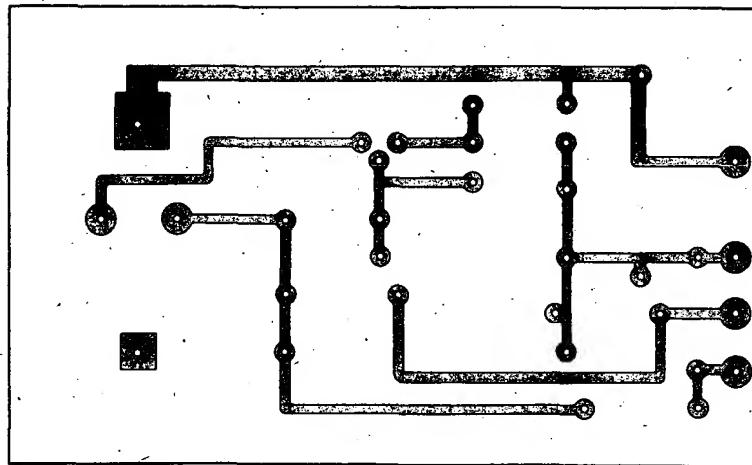
Napájecí stabilizátoru se přesně shoduje, s obvody na obr. 7, proto se není třeba o něm šířejí změnit.

#### Technické údaje

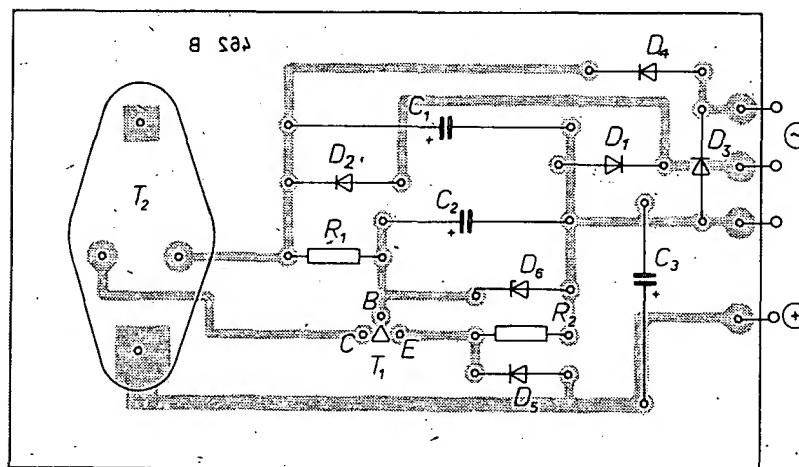
Vzorek s germaniovým tranzistorem 3NU73 (OC26 – čekal v rohu zásuvky na



Obr. 11. Jednoduchý jistěný stabilizovaný zdroj 5 V s křemíkovými tranzistory



Obr. 12. Předloha ke zhodovení desky s plošnými spoji stabilizovaných zdrojů podle obr. 11 a 12 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151



Obr. 13. Deska s plošnými spoji z obr. 12, osazená součástkami

svoji příležitost) – tranzistor měl při proudu 0,8 A zemlovací činitel 105. K omezení výstupního proudu 0,9 A vyhověl odpor  $R_2 = 560 \Omega$ . (Je zřejmá dobrá shoda mezi výpočtem a naměřeným údajem). Činitel stabilizace byl 20 (při změně napětí na  $C_1$  z 10 na 9 V se napětí na  $C_2$  změnilo o 50 mV). Vnitřní odpor stabilizátoru byl změřen při změně zatěžovacího proudu o 500 mA, byla naměřena velikost 0,3  $\Omega$  (zmenšení výstupního napětí o 150 mV).

#### Seznam součástek

Zdroj podle obr. 10

#### Polovodičové prvky

$T_1$	KF517
$T_2$	KD602
$D_1$ až $D_4$	ky132/80
$D_5$	ky130/80
$D_6$	KZ141

#### Odpory

$R_1$	TR 151, 1,2 k $\Omega$
$R_2$	viz text

#### Kondenzátory

$C_1$	TE 984, 1000 $\mu$ F/15 V
$C_2$	TE 981, 100 $\mu$ F/6 V
$C_3$	TE 981, 100 $\mu$ F/6 V

Obr. 14. Jednoduchý stabilizovaný zdroj souměrného napětí  $\pm 15$  V s omezením zkratového proudu

bičů, jako jsou rozhlasové přijímače, magnetofony apod., ale i elektrické vláčky atd. Výstupní napětí zdroje lze měnit v širokých mezech volbou Zenerovy diody. Zdroj lze realizovat i s proměnným výstupním napětím, připojíme-li bázi tranzistoru  $T_1$  k běžci potenciometru, zapojenému paralelně ke zdroji referenčního napětí. V takovém případě se ovšem se změnou výstupního napětí mění i omezovací proud (pokud se současně nemění i odpor  $R_2$ ).

Abychom mohli v uvedeném případě měnit výstupní napětí od nuly, je třeba mezi spodní konec potenciometru a zem (společný vodič) zapojit křemíkovou diodu, zapojenou v propustném směru, a to proto, že stabilizátor začíná pracovat až tehdy, zvětší-li se napětí na bázi tranzistoru-zdroje konstantního proudu nad velikost asi 0,6 V.

Zdroj je opět konstruován na desce s plošnými spoji podle předlohy na obr. 12 (ze strany spojů, velikost 1 : 1); deska osazená součástkami je na obr. 13.

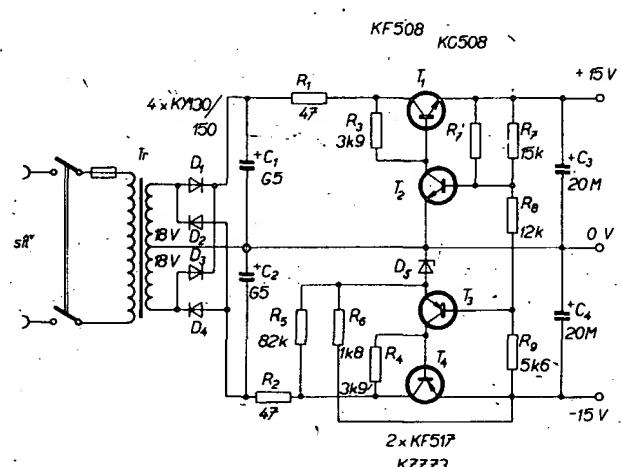
#### Literatura

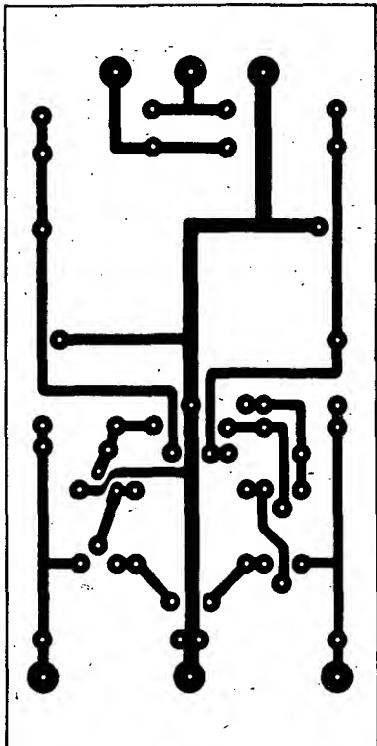
[1] Nye, A.: Simple current-limited stabilizer. Wireless World č. 1452/1973.

#### STABILIZOVANÝ ZDROJ K NAPÁJENÍ OPERAČNÍCH ZEŠILOVAČŮ

Pro napájení operačních zesilovačů byla již uveřejněna řada různých stabilizátorů s nejrůznějšími parametry. Při volbě zapojení (lépe řečeno při formulaci požadavků na napájecí zdroj) je do značné míry rozhodující, zda výstupní napětí stabilizátoru bude sloužit pouze k napájení samotných operačních zesilovačů, nebo zda bude současně sloužit jako referenční napětí. Ve druhém případě budou totiž požadavky na napájecí zdroj podstatně přísnější, neboť pak se jeho vlastnosti většinou přímo podílejí na vlastnostech celého zařízení. Naproti tomu citlivost operačních zesilovačů na změny napájecího napětí (především na stejné změny v obou napájecích větvích) není velká, takže lze vystačit i s nenáročným a poměrně jednoduchým zapojením.

Tak lze charakterizovat i zapojení na obr. 14. Na první pohled je zřejmé, že jde o regulátor s tzv. vlečnou regulací. Regulátor s vlečnou regulací se vyznačuje tím, že zpětnovazební napětí jedné poloviny zdroje je vždy určitým způsobem závislé na výstupním napětí druhé poloviny zdroje. Tím se dosáhlo toho, že kolísání výstupního napětí jedné poloviny výstupního napětí zdroje (např. při změnách zátěže vlivem nenulového výstupního odporu) se projeví i ve druhé polovině, takže symetrie obou polovin zdroje (jejich výstupního napětí) vůči společnému vodiči (země) zůstává přibližně zachována.





Obr. 15. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji souměrného stabilizovaného zdroje z obr. 14 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151

**UPOZORNĚNÍ**

Desky s plošnými spoji, určené ke stavbě obou stabilizovaných zdrojů 5 V, zdroje  $\pm 15$  V a zosilovače s MBA810 jsou, jak jste si jistě všimli, označeny i kresleny jiným způsobem, než jak tomu bylo doposud. Jde o pokus, jímž chce redakce ušetřit zájemcům o stavbu této zařízení čas, nutný ke shánění jednak desek s plošnými spoji, jednak i součástek k jejich osazování. Desky s plošnými spoji si takto bez problémů může zhotovit každý sám, a to i fotografickou cestou. Pokud jde o součástky a o zhotovené desky, lze si objednat kompletní soubory součástek včetně hotové desky s plošnými spoji v jednom balíčku jako stavebnici v pardubické prodejně TESLA. V této prodejně lze i jednotlivé balíčky zakoupit při osobní návštěvě. Adresa prodejny při objednávce jednotlivých balíčků na dóbírku je

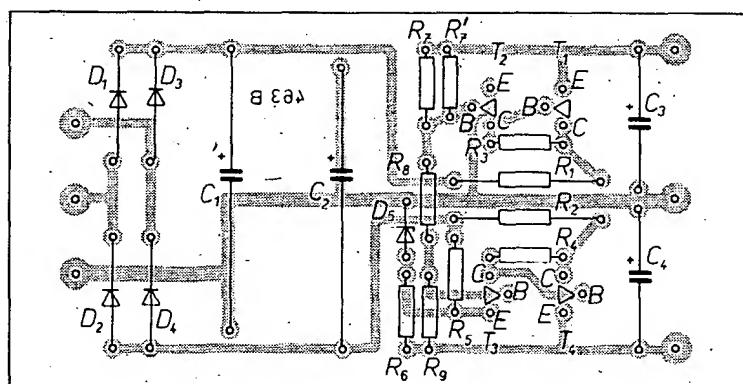
Prodejna TESLA,  
Palackého 580,  
530 00 Pardubice.

Pokud jde o značení desek, je v čísle, které je na každé desce, zakódováno místo, na němž byla destička v časopisu uveřejněna. Např. deska, označená 463 B – první číslice (4) znamená číslo časopisu, druhá číslice je koncová číslice roku, v němž časopis vyšel (1976), třetí číslice je pořadové číslo desky a závěrečné písmeno ve znaku označuje řadu AR (červené AR – A, modré – B).

Osvědčí-li se tato naše nová služba čtenářům, budeme ji využívat častěji, jak v AR-A, tak v AR-B, především u jednodušších konstrukcí, u nichž náklady na nákup součástek nepřevýší asi 500 až 1000 Kčs.

I když máme dohodu s pardubickou prodejnou TESLA, že nás bude informovat o zájmu o tuto naši novou službu, byli bychom rádi, kdyby nám čtenáři napsali, jak na tuto naši akci nahlížejí.

Cena součástek k osazení desky 464B je asi 275,- Kčs, desky 461B asi 275,- Kčs, desky 462B asi 90,- Kčs (s 3NU73), popř. 120,- Kčs (s KD602), desky 463B asi 145,- Kčs.



Obr. 16. Deska s plošnými spoji podle obr. 15, osazená součástkami

Podobně při zkratu v jedné větvi se výstupní napětí zmenší k nule i v druhé větvi stabilizátoru.

Celý stabilizovaný zdroj seřizujeme až po úplném osazení desky s plošnými spoji všemi součástkami:

#### Technické údaje stabilizátoru

**Činitel stabilizace:** podle vlastnosti použitých tranzistorů je asi od 60 do 100.

**Vnitřní odpor:** asi  $2 \Omega$ .

**Zkratový proud:** při napájecím napětí  $\pm 20$  V u kladné větvi asi 240 mA, u záporné větvi asi 180 mA.

#### Popis zapojení

Celý stabilizátor má jediný zdroj referenčního napětí, jímž je dioda KZZ73 (nebo

podobná). Tato Zenerova dioda je napájena z výstupu stabilizátoru (přes odpor  $R_6$ ), což kladně ovlivňuje vlastnosti stabilizátoru (především činitel stabilizace). Odpor  $R_5$  napomáhá přechodu stabilizátoru do pracovního režimu po připojení napájecího napětí, jde o tzv. startovací odpor. Velikost napětí na výstupech stabilizátoru je závislá na napětí Zenerovy diody a dále na odporach  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_9$  a  $R_{10}$ , jejichž výběrem nastavíme napětí na výstupech na požadovanou velikost. Odpor  $R_1$  a  $R_2$  zabezpečuje stabilizátor proti zničení při náhodných zkratech na výstupech. Zkratový proud je při napětí na vstupu stabilizátoru  $\pm 20$  V v kladné větvi asi 240 mA, v záporné větvi asi 180 mA. Bude tedy záviset na napájecím napětí stabilizátoru a na chlazení použitých tranzistorů, bude-li protizkratová ochrana krátkodobá, nebo bude-li možno označit pojistku za ochranu proti trvalému zkratu.

Stabilizátor se napájí z usměrňovače, který je připojen k „dvoucestnému“ vinutí síťového transformátoru. Na výstupu usměrňovače jsou zapojeny sběrací kondenzátory  $C_1$  a  $C_2$ .

#### Serizování stabilizátoru

Po osazení desky s plošnými spoji (předloha ke zhotovení desky je na obr. 15 ze strany spojů, deska osazená součástkami je na obr. 16, viz poz. na straně 151) připojíme k desce střídavé napětí ze sekundárního vinutí síťového transformátoru a zkontrolujeme napětí na Zenerově diodě a potom i napětí na obou výstupech. Výstupy předem zatížíme odpory asi 1 k $\Omega$ . Změnou  $R_7$  (paralelním připojením  $R'_7$ ) nebo  $R_9$  nastavíme symetrii výstupního napětí (na absolutní velikost většinou příliš nezáleží, neboť není podstatné, jsou-li operační zosilovače napájeny napětím  $\pm 14$  nebo  $\pm 15$  V).

Pak stačí překontrolovat činitel stabilizace, a vnitřní odpor, popř. činnost pojistiky, a stabilizátor je připraven k použití.

#### Seznam součástek

##### Polovodičové prvky

$T_1$	KF508
$T_2$	KC508
$T_3$ , $T_4$	KF517
$D_1$ až $D_4$	KY130/150
$D_5$	KZZ73

##### Odpory

$R_1$ , $R_2$	TR 144, 47 $\Omega$
$R_3$ , $R_4$	TR 151, 3,9 k $\Omega$
$R_5$	TR 151, 82 k $\Omega$
$R_6$	TR 151, 1,8 k $\Omega$
$R_7$	TR 151, 15 k $\Omega$
$R_8$	TR 151, 12 k $\Omega$
$R_9$	TR 151, 5,6 k $\Omega$

##### Kondenzátory

$C_1$ , $C_2$	TE 986, 200 $\mu$ F/35 V
$C_3$ , $C_4$	TE 984, 20 $\mu$ F/15 V

# KVADROFONIE

## (dokončení z AR B3)

### 5. Měřicí technika

Měření je alfovou i omegou jakékoli konstrukční činnosti. V amatérských podmínkách s ním bývá sice většinou potíže, mnohé přístroje se však dají celkem jednoduše postavit, jiné vypůjčit a konečně – amatérští radiotechnici mají přece svoji organizaci. Svazarm, mnohé z potřebných přístrojů bývají k dispozici právě v radio klubech Svažaru a v Hi-Fi klubech. Kromě toho bývají podklady ke konstrukci měřicích přístrojů často uveřejňovány v AR, byly v RK i v jiných časopisech. Proto nebudeme v této kapitole popisovat stavbu běžných měřicích přístrojů, jako jsou např. tónový generátor (byl popsán naposledy v AR A2/76) nebo milivoltmetr. Věnujeme se pouze přístrojům, typickým pro kvadrofonii; ostatní přístroje, obecně používané, budeme pouze specifikovat k hledisku jejich vlastností, potřebných při měření v kvadrofonní technice.

Tónový generátor, který bývá základním zdrojem signálu, by měl mít kmitočtový rozsah alespoň od 20 Hz do 25 kHz. Výstupní napětí by mělo být alespoň 3 V s co nejmenším děličem, aby bylo možno volit potřebnou menší výstupní napětí požadované velikosti. Nemáme-li k dispozici měřicí zkreslení, nemusíme se snažit, aby měl generátor extrémně malé zkreslení signálu, obvykle zcela výhovní zkreslení 0,2 až 0,5 %. Máme-li měřicí zkreslení, měl by mít generátor zkreslení asi kolem 0,05 %. I takový přístroj byl již v AR popsán. Je vhodné (avšak ne nutné), má-li tónový generátor měřicí výstupního napětí.

Druhým základním a velmi důležitým přístrojem je nízkofrekvenční milivoltmetr. Jeho základní rozsah pro plnou výchylku ručky by měl být nejlépe 1 mV, vstupní odpor nejméně 100 k $\Omega$ , kmitočtový rozsah alespoň od 10 Hz do 40 kHz. Velmi výhodné je, má-li vstupní dělič milivoltmetru skoky po 10 dB, tedy 1, 3, 16, 10, 31,6 atd. Tim se velmi zjednoduší čtení údajů, protože v nízkofrekvenční technice pracujeme s dB velmi často. Přístroj by měl mít také stupnice, ocejchovanou v decibelech.

Poslední ze základní trojice přístrojů je osciloskop. Při trochu sérióznější práci se bez něho neobejdeme, především při nastavování nf přístrojů a jejich uvádění do chodu. Na osciloskop pro nf techniku nejsou kladený žádné zvláštní nároky. Měl by mít dobrý vertikální, avšak i horizontální závěr; základním mohou být střídavé s rozsahem maximálně do 1 MHz. Časová základna by měla umožňovat snadnou synchronizaci signálů měřených kmitočtů a měla by mít rozsah alespoň do 20 kHz.

K této základní trojici patří ještě jeden, velmi důležitý „přístroj“. Je to zatežovací odpor pro měření výkonových zesilovačů. Lze si ho poměrně snadno zhotovit z odporového drátu. Je vhodné, je-li odpor předem zdroben: a dobré chlazen, protože pak se jeho odpor mění s teplotou minimálně. Velmi dobré výhoví k měření běžných zesilovačů s výstupním výkonem do 25 W odporu pro zatížení asi 100 W. Ty se pak při měření zahřívají jen nepatrně a neovlivňují výsledky měření.

Zcela univerzálními přístroji, bez nichž se při měření nf zařízení též neobejdeme, jsou stejnosměrný voltmetr a ampérmetr. Jejich rozsahy by měly být asi 1 až 100 V a 0,01 až 5 A.

### 5.1. Měření fáze

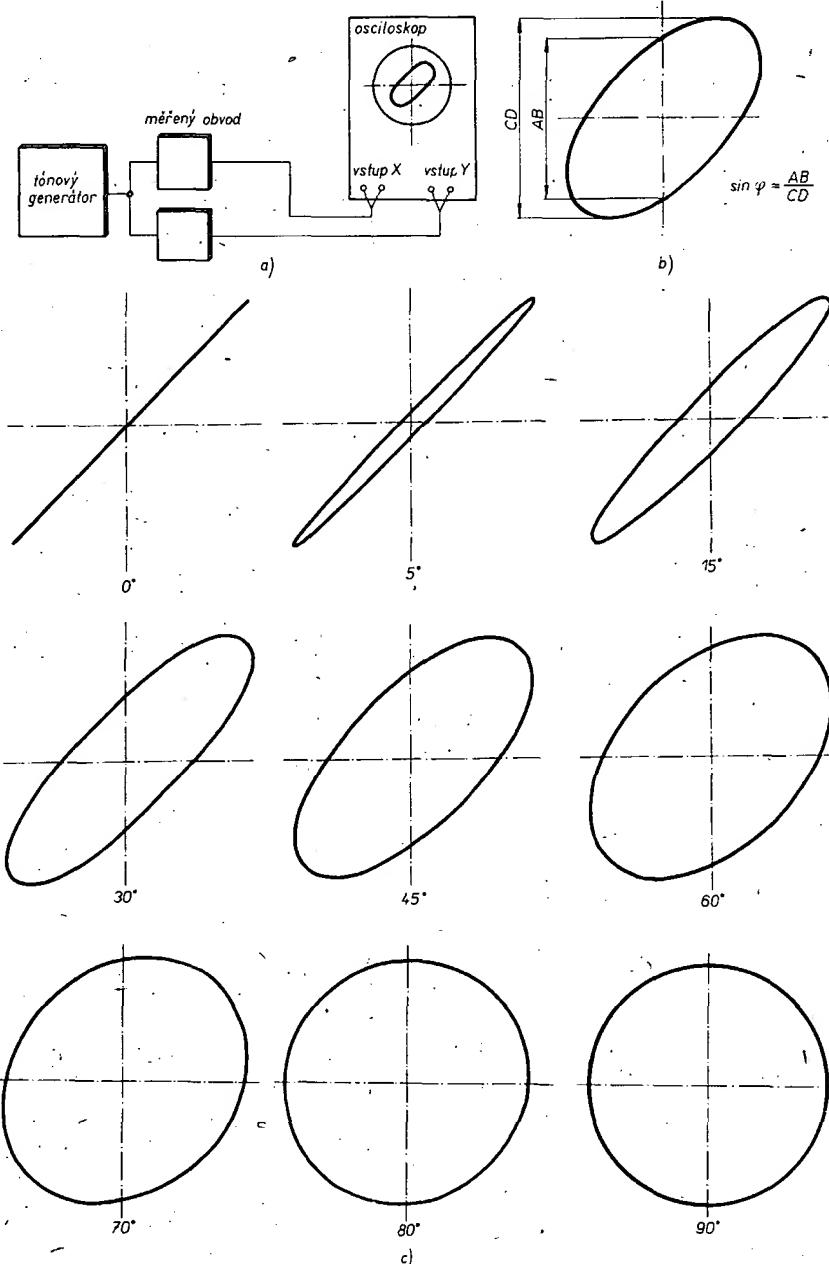
Čí 10 A. K této přístrojům lze ještě přiřadit stabilizovaný zdroj s výstupním napětím až do 30 V pro výstupní proud 1 až 2 A. Takovým zdrojem nelze sice napájet zesilovače s velkými výstupními výkony, avšak i v profesionální technice se podobné zesilovače nastavují předběžně na takových zdrojích a k definitivnímu nastavení se použije zdroj přímo v zesilovači.

Dalšími, méně běžnými přístroji jsou např. měřicí nelineárního a intermodulačního zkreslení. Oba jsou poměrně značně složité a obvykle je vhodnější si je vypůjčit než stavět, neboť se přece jen nepoužívají tak často, jako dříve vyjmenované přístroje.

Vyjmenované přístroje jsou základními přístroji pro nf techniku. V kvadrofonii k nim přistupuje zejména měřicí fáze a různé zdroje zakódovaného kvadrofonního signálu. Jejich stavba bude popsána v této závěrečné kapitole AR B.

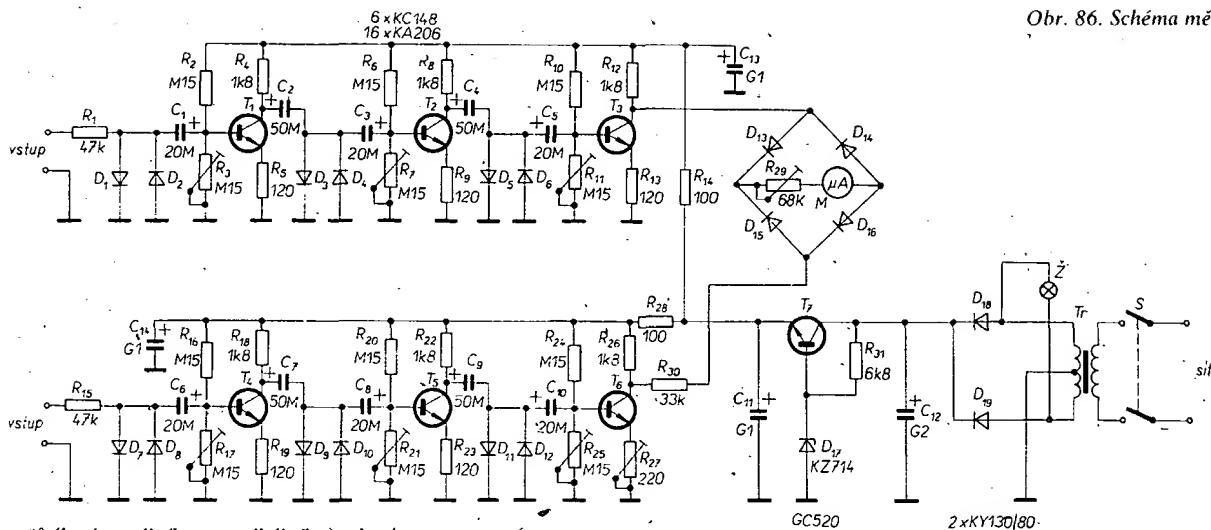
Fáze se dosud v nf technice neměřila příliš často, spíše naopak. Proto se také měřicí fáze jako samostatné přístroje nevyskytuji většinou ani na profesionálních pracovištích. Teprve v kvadrofonní technice vyvstává potřeba měřit fázový posuv častěji a měřicí fáze se stává přístrojem takřka nezbytným. Budeme-li chtít měřit fázový posuv jen přibližně a např. pouze na jediném (našem) dekodéru, u něhož se můžeme spokojit pouze s informativním údajem, pak vystačíme s osciloskopem. Pro častější a především přesnější měření je však měřicí fáze nezbytný.

Osciloskopická metoda měření fázového úhlu byla podroběná popsána v kapitole 3.1. Tam jsme si ozfějili, že se změna fáze na obrazovce osciloskopu určuje nesnadno, mění-li se současně s fází i amplituda porovnávaných signálů. Přesto však této metody měření posuvu fáze využíváme často, obvykle se při ní používají přístroje, zapojené podle obr. 85a. Znovu je třeba podotknout, že stopa (přímka na stínítku) každého z obou vstupních signálů musí být stejně dlouhá. Tzn., že bud musí být oba signály stejně velké, nebo musíme nastavit zesílení zesilovače.



Obr. 85. Měření fáze osciloskopem (a), výpočet fázového úhlu z obrazce na stínítku osciloskopu (b) a obrazce na stínítku osciloskopu pro různé úhly fázového posuvu (c)

Obr. 86. Schéma měřiče fáze

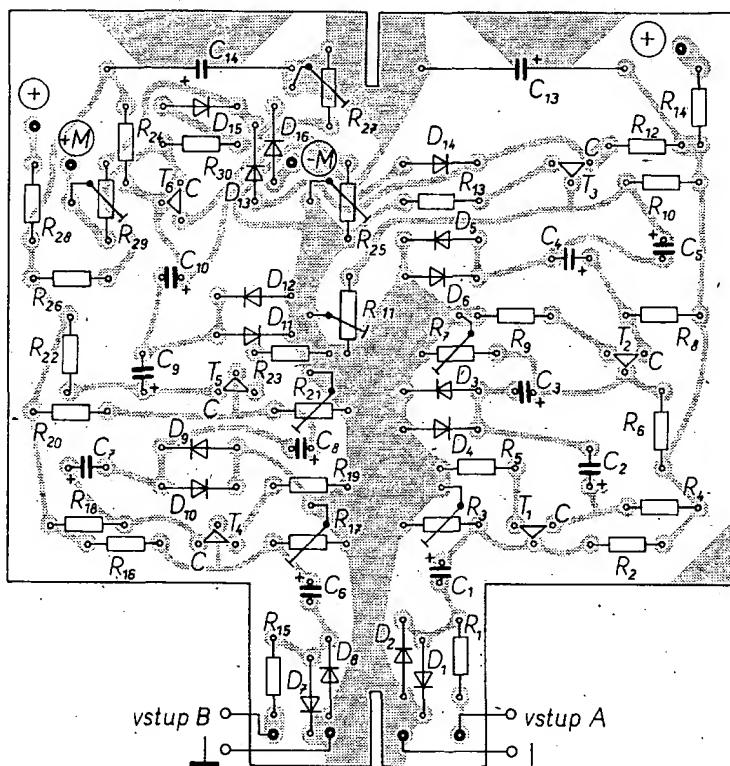


vačů (horizontálního a vertikálního) tak, aby byla splněna uvedená podmínka. Jak se vypočítává fázový posuv z obrazu elipsy na stínítku, je zřejmé z obr. 85b. Na obr. 85c jsou pak příklady obrazců pro různé fázové posuvy. Z obr. 85c vyplývá i to, čím je tato metoda měření změny fáze nevýhodná: fázový rozdíl  $5^\circ$  lze od soufázového průběhu bezpečně poznat (soufázový průběh = fáze  $0^\circ$ ), rozdíly mezi fázovými posuvy  $80^\circ$  a  $90^\circ$  jsou však téměř nepostřehnutelné. Protože se v této oblasti fázových posuvů (kolem  $90^\circ$ ) měří v kvadrofonní technice nejčastěji, je zřejmé, že k měření fáze bude výhodnější vždy měřit fáze než osciloskop.

Měřič fáze je přístroj poměrně jednoduchý. Jeho schéma je na obr. 86. Při návrhu i stavbě přístroje jsem sledoval především to, aby byl přístroj co nejjednodušší a nejlevnější, aby si ho mohl snadno postavit každý zájemce. Je pochopitelné, že by v současné době bylo možno postavit přístroj s integrovanými obvody a mnohem „elegantněji“, ovšem za cenu mnohem větších finančních i jiných nároků.

Cínnost přístroje je jednoduchá: dva shodné kanály tvarují v poměrně širokém amplitudovém i kmitočtovém rozsahu vstupní sinusový signál na signál obdélníkovitého průběhu o stejně amplitudě. Jsou-li oba vstupní signály ve fázi, jsou průběhy signálů na kolektorech (kolektorových odporech) tranzistorů  $T_3$  a  $T_6$  zcela shodné co do amplitudy i fáze a mezi oběma kolektory není v žádném časovém úseku rozdíl napětí. Proto střídavý voltmetr ( $D_{13}$  až  $D_{16}$  a měřidlo) neindikuje žádné napětí, jeho ručka je na nule. Zcela obdobně bude rozdíl napětí na kolektorech největší, a to v každém časovém úseku, budou-li vstupní signály fázově vzájemně posunuty o  $180^\circ$  (ručka bude mít maximální výchylku). Ručka voltmetru ukaže vždy střední hodnotu rozdílu napětí na kolektorech  $T_3$  a  $T_6$ ; protože jak napětí na  $T_3$ , tak na  $T_6$  má obdélníkovitý průběh a obě mají i stejnou amplitudu, může napěťový rozdíl vznikat pouze posuvem fáze mezi oběma průběhy. Protě lze stupnice voltmetru ocejchovat přímo ve stupních fázového posuvu.

V zapojení na obr. 86 pracují diody  $D_1$  až  $D_{12}$  a tranzistory  $T_1$ ,  $T_2$  a  $T_4$ ,  $T_5$  jako tvarovače, které tvarují vstupní sinusový signál v rozsahu amplitud od 100 mV až do 15 V (při větším signálu by se mohly poškodit diody) a v kmitočtovém rozsahu 20 Hz až až 40 kHz na signál obdélníkovitého průběhu. Tranzistory  $T_3$  a  $T_6$  zesilují tento signál z úrovně až 0,5 V (mezivrcholové napětí, špička-špička) až desetkrát. To je nutné proto, aby se co nejvíce omezila nonlinearita stupnice měřicího přístroje vlivem charakteristiky usměrňovacích diod v měřicím můstku. K měřicímu můstku (vlastnímu výhodnovacímu obvodu) patří kromě diod měřidlo a odpory  $R_{29}$  a  $R_{30}$ .



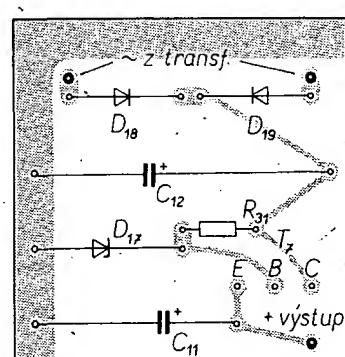
Obr. 87. Deska s plošnými spoji měřiče fáze (K232)

Celý přístroj je napájen ze zdroje stabilizovaného, dobré vyhlazeného napětí, aby byla dodržena stálost cejchování. S použitým měřicím přístrojem, s ohledem na jeho přesnost, a se součástkami podle seznamu součástek je přesnost přístroje asi 5 %, což je pro praktická měření vyhovující údaj.

Všechny součástky (kromě součástek zdroje) jsou na jedné desce s plošnými spoji podle obr. 87. Součástky není třeba zvlášť pečlivě vybírat.

Stabilizovaný zdroj dává napětí asi 12 V (podle Zenerova napětí diody  $D_{17}$ ) a je (kromě transformátoru) také na jedné desce s plošnými spoji (obr. 88). Sítový transformátor dává na sekundární straně  $2 \times 12$  V a měl by být schopen dodávat trvale proud asi 50 mA. Ve vzorku byl použit typizovaný transformátor typu 9 WN 661 23 (pozůstal se v malých monofonních gramofonech se zesilovačem), lze však použít libovolný transformátor uvedených vlastností ( $2 \times 12$  V/50 mA).

Při stavbě měřiče fáze osadíme nejprve obě desky součástkami, uvedeme do chodu



Obr. 88. Deska s plošnými spoji zdroje k měřiči fáze (K233)

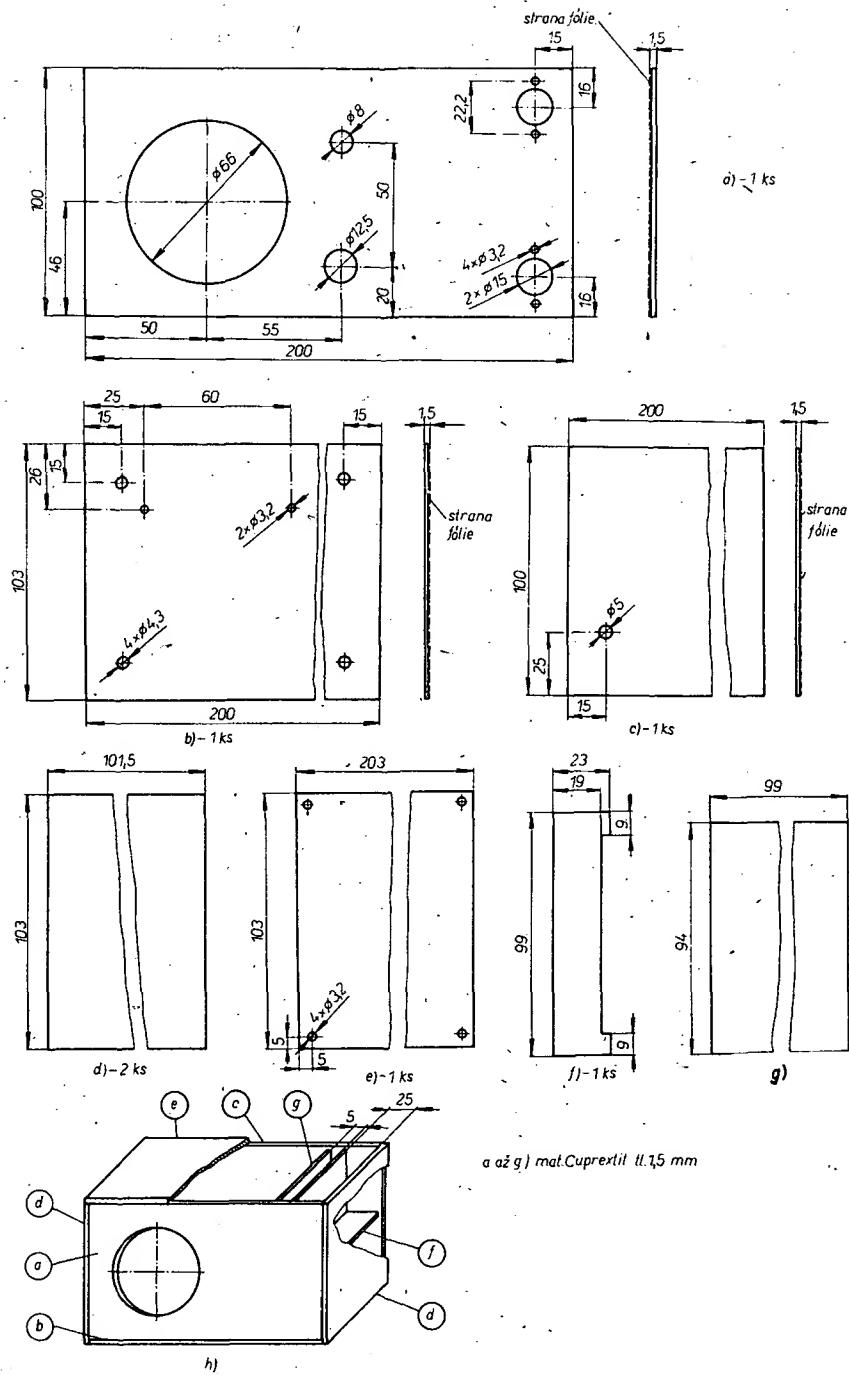
deskou zdroje a připojíme ji k desce měřiče fáze. Při uvádění do chodu postupujeme takto: Tónový generátor nastavíme na kmitočet 1000 Hz. Jeho výstup připojíme přes kondenzátor asi  $2\mu\text{F}$  na diody  $D_3$  a  $D_6$ . Měřidlo zatím nepřipojujeme. Ke kolektoru  $T_3$  připojíme osciloskop a trimrem  $R_{11}$  nastavíme na stínítku osciloskopu sinusovku. Při zvětšování amplitudy výstupního napětí generátoru musí dojít k souměrnému omezení vrcholů sinusovky (opět nastavíme trimrem  $R_{11}$ ). Výstup generátoru pak přepojíme na diody  $D_3$  a  $D_4$  a jeho výstupní napětí zmenšíme tak, až získáme opět z obdélníků sinusovky. Trimrem  $R_7$  nastavíme jejich souměrné omezování. Zcela obdobně postupujeme při připojení generátoru na vstup  $A$  – při vstupním napětí asi 40 mV nastavujeme omezování trimrem  $R_{21}$ .

Celý postup opakujeme i při nastavování kanálu  $B$  jen s tím rozdílem, že při vstupním napětí asi 2 V na diodách  $D_{11}$  a  $D_{12}$  nastavíme (po nastavení pracovního bodu) stejnou amplitudu výstupního napětí na kolektoru  $T_6$ , jako je na kolektoru  $T_3$  (trimrem  $R_{27}$ ).

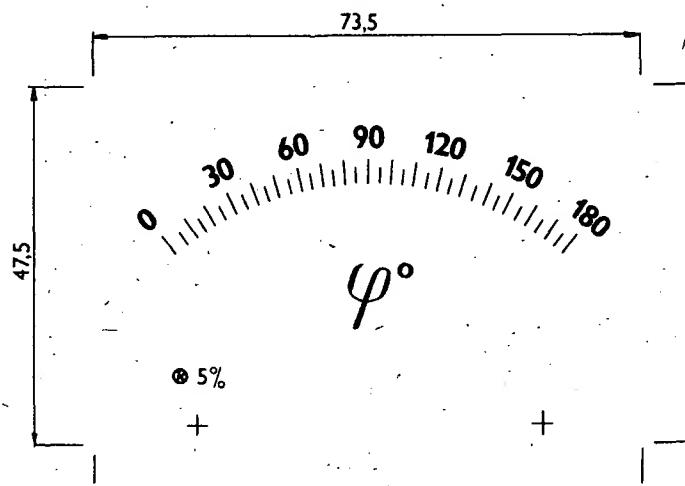
Mezi kolektory  $T_3$  a  $T_6$  nyní připojíme měřidlo. Pomocí stejnosměrného voltmetu nastavíme rozdíl napětí na kolektorech  $T_3$  a  $T_6$  na nulu (trimry  $R_{11}$  a  $R_{25}$ ). Na vstupy pak připojíme signál asi 0,5 V, 1000 Hz a znova kontrolujeme výchylku ručky měřidla, která musí být nulová. Na vstupy pak připojíme opět stejný signál, pouze s fázovým posuvem  $180^\circ$ . (Lze jednoduše realizovat zesilovačem s rozdělenou zátěží, postaveným na „prkynku“.) Trimrem  $R_{29}$  nastavíme ručku měřidla na maximální výchylku. Dále kontrolujeme výchylku ručky při fázovém posuvu  $90^\circ$  (měla by být přibližně v polovině stupnice) tak, že stejný signál, 0,5 V, 1000 Hz, přivedeme pouze na jeden vstup a potom na druhý. Rozdíly ve výchylkách ručky upravíme (srovnáme) trimrem  $R_{27}$ . Tím je základní ocejchování skončeno.

Přístroj je postaven do jednoduché krabičky z Cuprexitu. Jednotlivé části krabičky jsou na obr. 89. Díly ustříhneme nůžkami na plech (nebo uřízneme luppenkovou pilkou) a na přesné rozměry upravíme opilováním hrubším pilníkem. Díry vyvrtáme a vyřízneme luppenkovou pilkou. Do přední stěny zanýtujeme dvě pětikolíkové konektortové zásuvky a celou krabičku zevnitř spájíme. Po spájení zapilujeme všechny hrany tak, aby spolu lícovaly. Sestava krabičky je na obr. 89h. Současně s horní částí krabičky připájíme do všech čtyř rohů matice M3. Pomocí těchto matic a šroubků připevníme víko přístroje. Víko přišroubujeme, zakryjeme díry v přední straně krabičky kolečky papíru nebo Isolepou a krabičku nastříkáme. Vhodný je např. jakýkoli autoemail (spray), nebo barva na kůži. Ze samolepicí šedé tapety nebo z kartáčovaného hliníku zhotovíme přední masku, kterou popíšeme Propisotem (stejně jako u zesilovače, kap. 4.7). Masku k přední straně (je-li např. z hliníku) připevníme např. Alkaprenem.

Pak připájíme přívody ke konektorům od desky s plošnými spoji, na niž jsem předem připájeli stínici přepážku (obr. 89f). Desku s plošnými spoji připájíme do krabičky za zemníci spoj a rohové můstky tak, že součástky budou otočeny směrem k pravé boční stěně (deska je svisle). Deska s plošnými spoji je vzdálena od pravé bočnice asi 20 mm (stínici přepážka se o bočnici oprá). Do rohu pod síťový transformátor připájíme za zemníci spoj desku stabilizovaného zdroje tak, že součástky budou směrem dolů. Propojíme výstupy a vstupy pro napájecí napětí na deskách s plošnými spoji, připojíme měřidlo a do krabičky zapojíme větší přepážku, která



Obr. 89. Čelní stěna (a), dno (b), zadní stěna (c), bočnice (d), horní víko (e), stínici přepážka (f), mezistěna (g) a celková sestava skřínky měřiče fáze (h)



Obr. 90. Stupnice měřiče fáze

bude oddělovat zdroj od měřicí části. Měřicí přístroj předem opatříme stupnicí (předloha pro ni je na obr. 90). Stupnice zhotovíme nejlépe fotocestou na tenký kontrastní papír (Dokument) a přilepíme ji na původní plechovou stupnicu. Pak měřidlo přišroubujeme do skřínky. Dále přišroubujeme síťový páčkový spínač a upevníme sklíčko a objímkou kontrolní žárovky. Do dna přišroubujeme čtyři vhodné nožky a síťový transformátor. Síťová šnůra je vyvedena zadní stěnou přístroje. Nakonec zašroubujeme (po propojení celého přístroje a po přezkušení) horní víčko. Na definitivně sestaveném přístroji (obr. 91) je vhodné ještě jednou zkontrolo-

Obr. 91. Dohotovený měřic fáze je na 4. str. obálky

vat přesnost ocejchování. Pak je přístroj hotov a připraven k měření.

#### Seznam součástek

##### Odpory a trimry (TR 112a a TP 040)

$R_1, R_{15}$	47 k $\Omega$
$R_2, R_6, R_{10}, R_{16}$	0,15 M $\Omega$
$R_3, R_4, R_{12}, R_{14}$	1,8 k $\Omega$ /A
$R_5, R_7, R_{13}, R_{19}$	120 $\Omega$ /A
$R_{14}, R_{24}$	100 $\Omega$
$R_8, R_9, R_{11}, R_{17}$	trimr 0,15 M $\Omega$
$R_{21}, R_{25}$	trimr 220 $\Omega$
$R_{27}$	trimr 68 k $\Omega$
$R_{29}$	33 k $\Omega$
$R_{30}$	6,8 k $\Omega$

##### Kondenzátory

$C_1, C_3, C_5, C_6$	TE 004, 20 $\mu$ F
$C_4, C_{10}, C_{11}, C_7$	TE 004, 50 $\mu$ F
$C_{12}, C_{13}, C_{14}$	TE 984, 100 $\mu$ F
$C_{15}$	TE 986, 200 $\mu$ F

##### Tranzistory

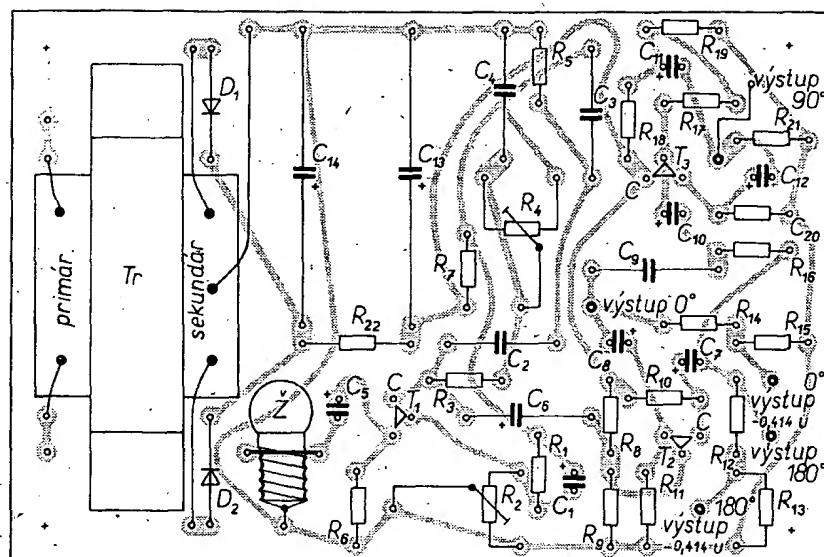
$T_1$ až $T_6$	KC148 (nebo ekviv.)
$T_7$	GC520 (GC521)

##### Diody

$D_1$ až $D_6$	KA206
$D_7$	KZ714
$D_{14}, D_{19}$	KY130/80

#### 5.2. Generátor kvadrofonního signálu SQ a QS

Praxe v kvadrofonní technice prokázala, že nejčastěji používaným přístrojem ke kontrole dekódérů je generátor, dávající na výstupu zakódované kvadrofonní signály. Přitom v běžné praxi není zdaleka nutné, aby by-



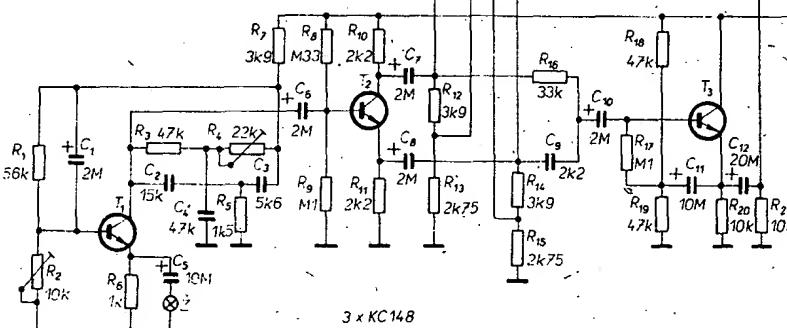
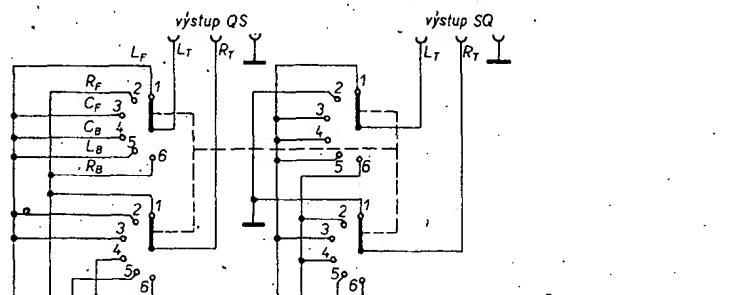
Obr. 93. Deska s plošnými spoji K234 generátoru SQ+QS

lo možno kódovat libovolnou polohu zdroje zvuku v celém rozsahu akustických kmitočtů. K uvedenému účelu bychom museli mít kompletní kodér, což je přístroj poměrně složitý a pro většinu měření není nutný. V praxi stačí, aby byly k dispozici některé vybrané signály (jednoho kmitočtu), tj. ale-spoň rohové signály  $L_F$ ,  $R_F$ ,  $L_B$  a  $R_B$  a k tomu signály středů přední a zadní-háze ( $C_F$  a  $C_B$ ). Tento požadavek konstrukci generátoru velmi zjednoduší. Jak je vidět z obr. 92, vystačíme v tomto případě se třemi tranzistory (a to je již vlastní generátor signálu 2 kHz součástí přístroje):

Nebudeme si půdobičně odvozovat, jak se vytvářejí jednotlivé zakódované signály, to plyně přímo z kódovacích rovnic systémů SQ a QS (kapitoly 2.3 a 2.4). Kromě toho to lze vyčít přímo ze schématu na obr. 92. Proto se omezíme jen na popis činnosti přístroje s vysvětlením některých zvláštností ve tvorbě zjednodušeného kódu.

Tranzistor  $T_1$  pracuje jako generátor sinusových kmitočtů na kmitočtu asi 2 kHz (s dvojitym článekem T). Výstup z generátoru je veden na zesilovač s rozdělenou zátěží, tvořený tranzistorem  $T_2$ . Na kondenzátorech  $C_7$  a  $C_8$  dostaneme signál stejně amplitudy a stejněho kmitočtu, avšak s fázovým posuvem 180°. Odpory  $R_{12}$ ,  $R_{13}$  a  $R_{14}$ ,  $R_{15}$  tvoří děliče 1 : 0,414 a třeba je vybrat s co nejmenší tolerancí. Fázovací článek  $R_{16}$ ,  $C_9$  vytváří fázový posuv 90° na jednom kmitočtu v okolí 2 kHz. Na tento kmitočet je tedy třeba generátor naladit. Tranzistor  $T_3$  pracuje jako emitorový sledovač s velkým vstupním odporem, což je nutné k správné činnosti článu  $R_{16}$ ,  $C_9$ .

A nyní k tvorbě kódu. Musíme si uvědomit, že je-li v kódu SQ zakódován signál, např.  $R_B$  jako  $R_T = +j0,707R_B$  a  $L_T = +0,707L_B$ , je důležité, aby fázový posuv byl 90° (v příslušném směru), a aby amplituda signálu (obou zakódovaných ka-



Obr. 92. Schéma kvadrofonního generátoru (SQ a QS)

náhl) byla stejná. Místo součinitele 0,707 je v tomto zjednodušeném generátoru použit součinitel jedna, proto bylo možno vypustit komplikované odpovědě. Dekodér totiž stejně „nepozná“, jaká byla amplituda původního signálu (zjednodušeně řečeno), správně však identifikuje směr do  $R_B$ . Zcela obdobně v systému QS vytvoříme-li signál  $R_B$ , bude  $R_T = -jR_B$  a  $L_T = +j0,414R_B$ . Fázový posuv mezi signály je  $180^\circ$ , nemusíme uvažovat fázový posuv vůči předním kanálům ( $+90^\circ$  a  $-90^\circ$ ), pro změnu jsou však důležité amplitudové vztahy. Na těchto principech jsou založeny kódovací vztahy tohoto generátoru.

Celý přístroj včetně zdroje a transformátoru je na jedné desce s plošnými spoji (obr. 93). Spoje k přepínači jsou drátové. Mechanická konstrukce byla navržena tak, aby se celý přístroj vešel do bakelitové krabičky B6. Vestavění je jednoduché, proto neuvádím výkres; konečně je zřejmé z fotografie na obr. 94. V jedné z kratších stěn krabičky.

Obr. 94. Hotový generátor SQ+QS je na 4. str. obálky

vypilujeme dvě díry pro pětipolové konektové zásuvky, v protější vyvrácené dířu pro přívod síťové šnury. Přístroj je řešen bez síťového spínače. Lze ho napájet i z baterií, potom je však vhodné stabilizovat napájecí napětí oscilátoru Zenerovou diodou. Desku s plošnými spoji příslušnějeme ke spodnímu víčku krabičky přes distanční nýtky výšky asi 3 mm. Přibližně uprostřed horní strany krabičky vyvrácené dířu pro přepínač a dvě menší díry, které pomohou aretovat jeho polohu vzhledem ke krabičce. Hřídel přepínače (má průměr 4 mm) zkrátme podle použitého knoflíku a nasadíme knoflík (např. WF 243 12 TESLA Jihlava). Krabičku opatříme štítky s popisem. Síťový transformátor může být ještě menší, než u měřicí fáze. Jeho sekundární napětí by mělo být asi  $2 \times 20$  V, odběr proudu je asi 8 mA.

K nastavení potřebujeme osciloskop a nízkofrekvenční milivoltmetr. Přístroj po kontrole zapojení zapneme do síti, osciloskop připojíme k výstupu SQ, např. k pravému kanálu a nastavíme funkci  $R_F$ . Otáčíme trimrem  $R_3$ , až nasadí oscilace generátoru a výstupní napětí nastavíme asi na 0,5 V. Osciloskopickou metodou nebo měřicím fáze změříme posuv fáze mezi  $L_T$  a  $R_T$  při funkci  $L_B$  nebo  $R_B$ . Správný posuv nastavíme změnou kmitočtu generátoru trimrem  $R_4$  (přesně na  $90^\circ$ ). Fázový posuv  $90^\circ$  lze nastavit i osciloskopem velmi přesně. Potom znovu nastavíme amplitudu 0,5 V trimrem  $R_2$ . Tím je celý přístroj nastaven a můžeme si podle kódovacích rovnic zkонтrolovat ve všech polohách přepínače výstupní zakódované signály SQ i QS.

### Seznam součástek

Odpory a trimry (TR 112a a TP 041, není-li uvedeno jinak)

$R_1$	56 k $\Omega$ /A
$R_2$	trimr 10 k $\Omega$
$R_3$	47 k $\Omega$
$R_4$	trimr 22 k $\Omega$
$R_5$	1,5 k $\Omega$
$R_6$	1 k $\Omega$
$R_7$	3,9 k $\Omega$ /A
$R_8$	0,33 M $\Omega$
$R_9$	0,1 M $\Omega$
$R_{10}, R_{11}$	2,2 k $\Omega$ /B
$R_{12}, R_{13}$	3,9 k $\Omega$ /B
$R_{13}, R_{15}$	2,75 k $\Omega$ /B (vybrat z 2,7 k $\Omega$ )
$R_{16}$	33 k $\Omega$

$R_{17}$	0,1 M $\Omega$
$R_{18}, R_{19}$	47 k $\Omega$
$R_{20}, R_{21}$	10 k $\Omega$
$R_{22}$	TR 152, 100 $\Omega$

### Kondenzátory

$C_1$	TE 005, 2 $\mu$ F
$C_2$	TC 235, 15 nF
$C_3$	TC 281, 5,6 nF/B
$C_4$	TC 235, 47 nF
$C_5$	TE 003, 10 $\mu$ F
$C_6$	TE 986, 2 $\mu$ F
$C_7, C_8$	TE 005, 2 $\mu$ F
$C_9$	TC 281, 2,2 nF
$C_{10}$	TE 005, 2 $\mu$ F
$C_{11}$	TE 003, 10 $\mu$ F
$C_{12}$	TE 005, 20 $\mu$ F
$C_{13}, C_{14}$	TE 986, 500 $\mu$ F

### Tranzistory a diody

$T_1, T_2, T_3$	KC148 (nebo ekviv.)
$D_1, D_2$	KY130/80

### Přepínač

WK 533 38	(TESLA Jihlava)
-----------	-----------------

### 5.3. Kvadrofonní kodér SQ

Kvadrofonní kodér je poměrně složité zařízení, které si zřejmě nepostaví každý. Přesto však nachází velmi časté uplatnění, jednak při měření dekodérů (obdobně jako kvadrofonní generátor, ovšem s mnohem širšími možnostmi) a jednak při kódování skutečného hudebního signálu. Nechci tím tvrdit, že by každý nadšenec pro kvadrofonii měl mít doma hudební studio, jistě však najde kodér uplatnění v Hi-Fi klubech Svatovámu, ať již při „živých“ nahrávkách, nebo při přepisu diskrétních kvadrofonických záznamů na stereofonní magnetofon. Taktéž zakódovaný signál lze pak zpracovávat zcela obvyklým jakýmkoli dekodérem SQ.

Schéma kodéru je na obr. 95. Jak je vidět ze schématu, jsou v kodéru použity týž fázovací články jako v dekodéru z kapitoly 3.2. Stejný je tedy fázový průběh signálu a tolerance fáze. Jako směšovače, invertory i výstupní zesilovače byly použity operační zesilovače MAA503 v pouzdro DIL (dual-in-line). Lze pochopitelně použít i typy MAA501, MAA502 a MAA504, tedy však mají jiné pouzdro a jinak rozmištěné vývody. Číslování vývodů na schématu odpovídá číslování vývodů obvodu MAA503.

Celý kodér je umístěn na jedné desce s plošnými spoji (obr. 96). Zdroj a oddělovací stupeň jsou na druhé desce s plošnými spoji (obr. 97). Síťový transformátor je stejný, jako u měřicí fáze (tj. se sekundárním napětím  $2 \times 12$  V/50 mA). Celý přístroj je umístěn na plechovém šasi (obr. 98) a zakryt dřevěným víkem z překližky tl. 5 až 6 mm, podyhované, nebo polepené samolepicí tapetou. Víko je k šasi připevněno zubkou čtyřmi šroubky M3. Přední panel je opět zakryt ozdobným štítkem. Obě desky s plošnými spoji jsou ke dnu šasi připevněny šroubkami (přes distanční nýtky). Upevňovací díry nejsou na obr. 98 zakresleny, desky si vhodně umístěte jistě každý sám.

K nastavení kodéru opět potřebujeme generátor tónových kmitočtů, milivoltmetr a osciloskop. Kodér nastavujeme na kmitočtu 1000 Hz při vstupním napětí 0,775 V. Generátor připojíme do  $L_T$  a trimrem  $R_{101}$  nastavíme výstupní napětí  $L_T$  na 0,775 V. Trimrem  $R_{121}$  nastavíme výchylku ručky  $M_1$  na 0 dB. Měřicí přístroj by měl mít stupnice s rozsahem  $-20$  až  $+3$  dB. Generátor přepo-

jme do  $L_B$  a trimrem  $R_{101}$  nastavíme v  $L_T$  výstupní napětí 0,55 V ( $-3$  dB vzhledem k 0,775 V). Dále trimrem  $R_{304}$  nastavíme výstupní napětí 0,55 V i v kanálu  $R_T$ . Celý postup analogicky opakujeme i v pravých kanálech.

Tím je kodér nastaven, dále můžeme zkонтrolovat zkreslení. K omezení výstupního napětí můlo dojít při vstupním napětí asi 2,5 až 3 V. Po kontrole kmitočtové charakteristiky a fázového posuvu již popsáni metodami je kodér připraven k použití. Celkový vzhled kodéru je na obr. 99.

Obr. 99. Kodér SQ k měřicím a nahrávacím účelům po dohotovení je na 4. str. obálky

### Seznam součástek

#### Tranzistory

$T_{101}, T_{201}, T_{301}, T_{401}$	KC148 (nebo ekviv.)
$T_2$	GC510

#### Diody

$D_1$ až $D_4$	KY130/80
$D_5, D_6$	KZ724
$D_{101}$ až $D_{103}$ , $D_{101}$ až $D_{103}$	GA201 apod.

#### Integrované obvody

všechny typu MAA503 (nebo ekviv.)

#### Měřicí přístroje

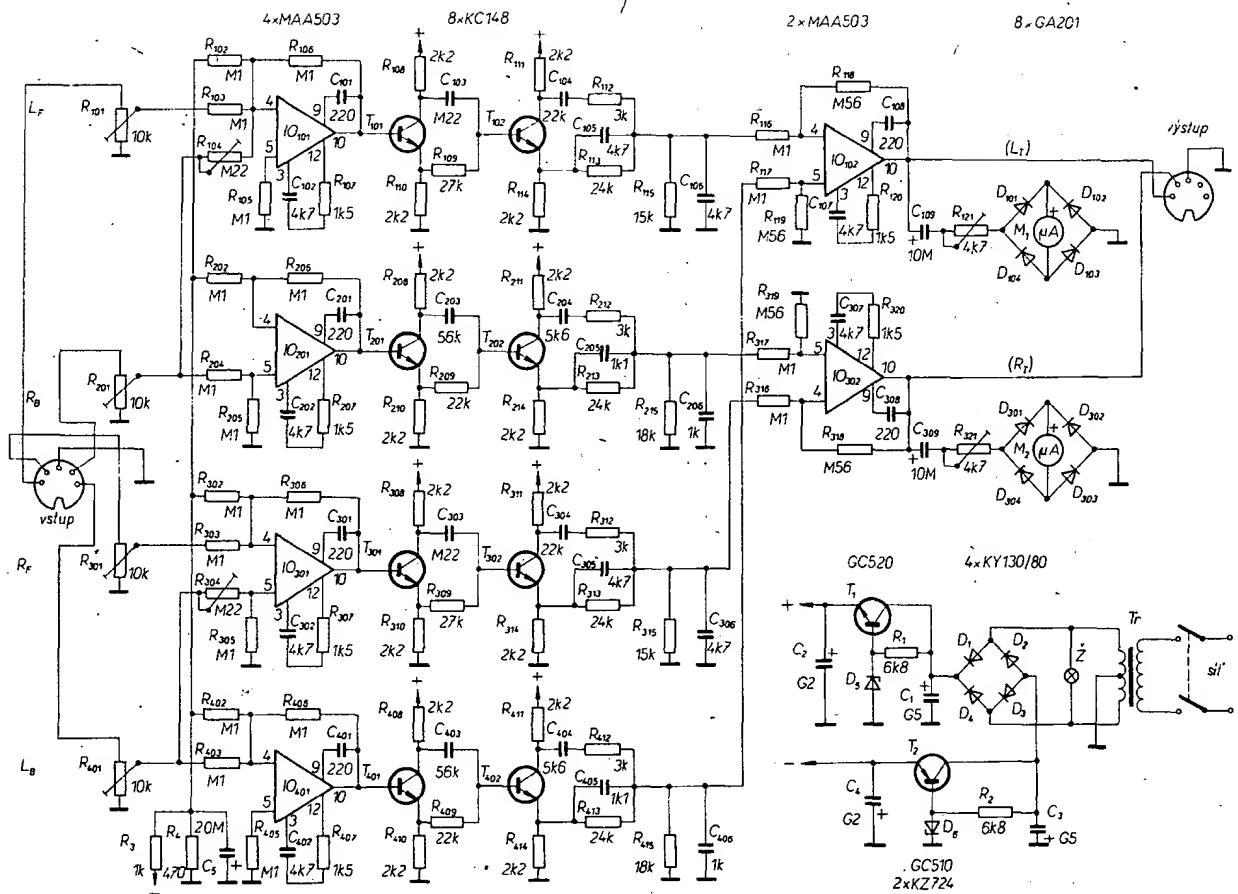
$M_1, M_2$	MP40, 100 $\mu$ A
------------	-------------------

#### Odpory (TR 112a) a trimry

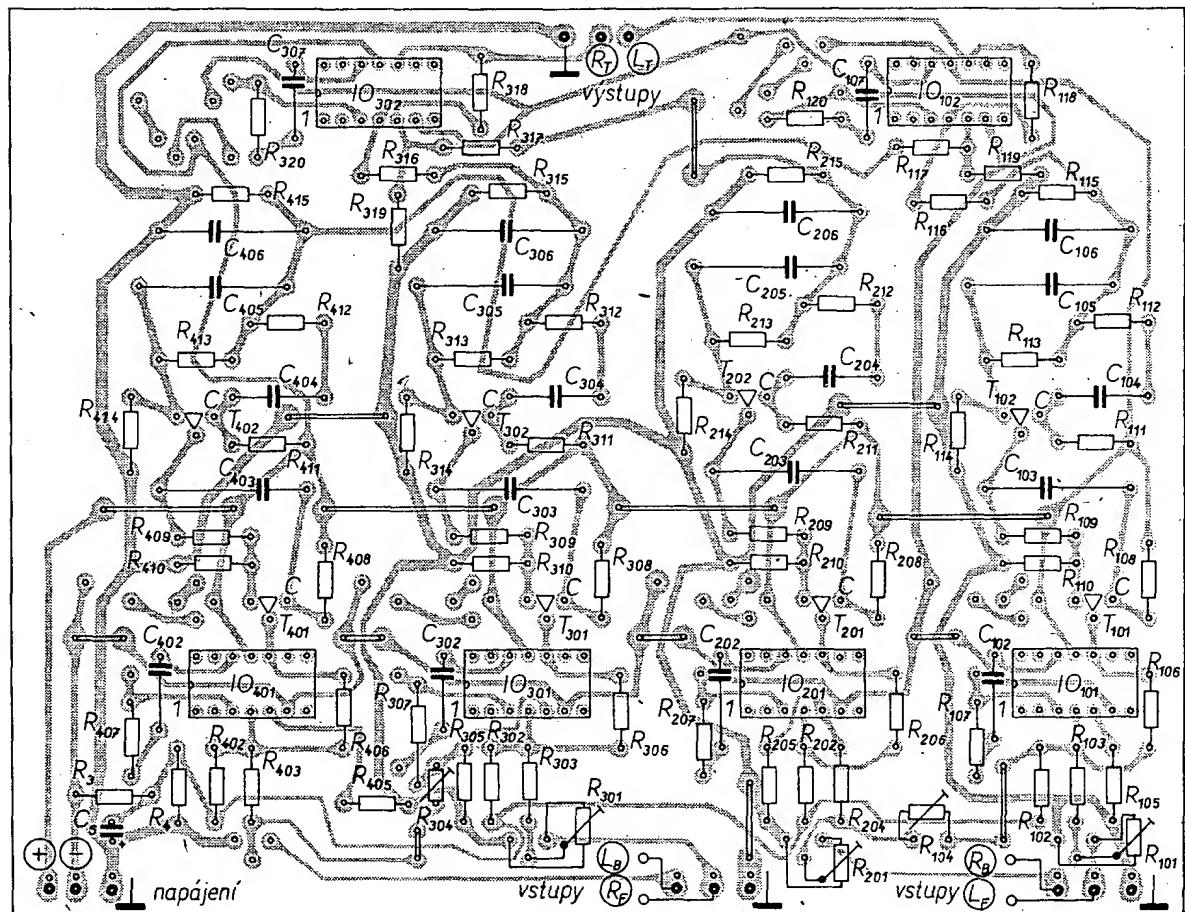
$R_{101}$ až $R_{201}$	trimr TP 008, 10 k $\Omega$
$R_{102}, R_{103}, R_{105}$	trimr TP 790 10, 0,22 M $\Omega$
$R_{106}$ (totéž pro indexy 200, 300, 400)	0,1 M $\Omega$ /B
$R_{104}, R_{104}$	trimr WN 790 10, 0,22 M $\Omega$
$R_{107}$ až $R_{107}$	1,5 k $\Omega$
$R_{108}, R_{110}, R_{111}$	trimr TP 040, 4,7 k $\Omega$
$R_{112}$ (totéž pro indexy 200, 300, 400)	2,2 k $\Omega$ /B
$R_{109}, R_{109}$	27 k $\Omega$ /B
$R_{110}, R_{109}$	22 k $\Omega$ /B
$R_{112}$ až $R_{112}$	3 k $\Omega$ /B
$R_{113}$ až $R_{113}$	24 k $\Omega$ /B
$R_{115}, R_{115}$	15 k $\Omega$ /B
$R_{116}, R_{116}$	18 k $\Omega$ /B
$R_{117}, R_{117}, R_{116}$	0,1 M $\Omega$ /B
$R_{118}, R_{119}, R_{118}$	0,56 M $\Omega$ /B
$R_{120}, R_{120}$	1,5 k $\Omega$
$R_{121}, R_{121}$	trimr TP 040, 4,7 k $\Omega$
$R_1, R_2$	6,8 k $\Omega$
$R_3$	1 k $\Omega$
$R_4$	470 $\Omega$

#### Kondenzátory

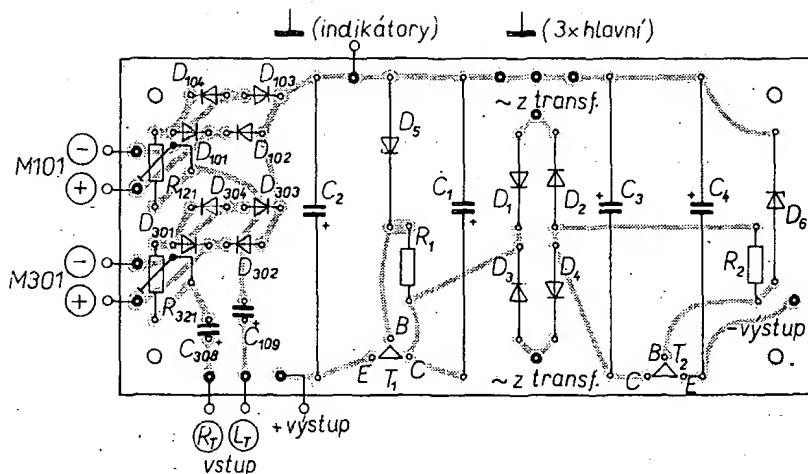
$C_{101}$ až $C_{101}$	TC 281, 220 pF
$C_{102}$ až $C_{102}$	TC 281, 4,7 nF
$C_{103}, C_{103}$	TC 180, 0,22 $\mu$ F/B
$C_{104}, C_{104}$	TC 235, 56 nF/B
$C_{104}, C_{104}$	TC 281, 5,6 nF/B
$C_{105}, C_{106}$	TC 281, 4,7 nF/B
$C_{105}, C_{105}$	TC 281, 1,1 nF/B
$C_{106}, C_{106}$	TC 281, 1 nF/B
$C_{107}, C_{107}$	TC 281, 4,7 nF
$C_{108}, C_{108}$	TC 281, 220 pF
$C_{109}, C_{109}$	TE 004, 10 $\mu$ F
$C_1, C_2$	TE 986, 500 $\mu$ F
$C_3, C_4$	TE 984, 200 $\mu$ F
$C_5$	TE 004, 20 $\mu$ F



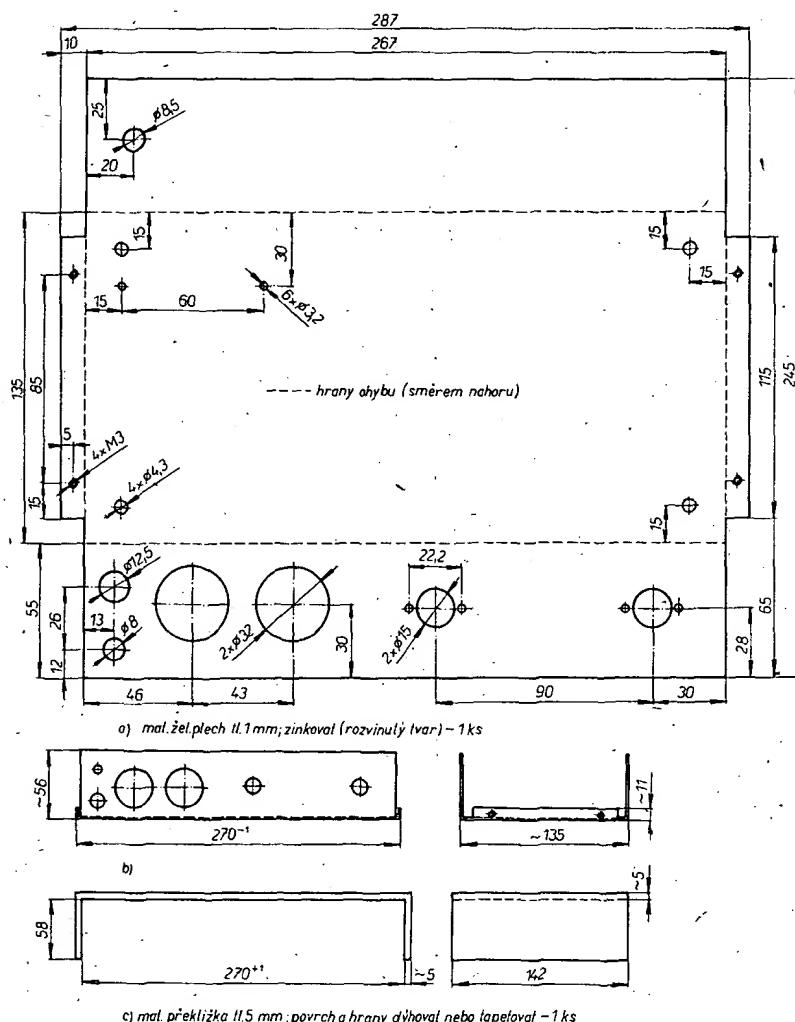
Obr. 95. Schéma kodéru SQ



Obr. 96. Deska s plošnými spoji kodéru (K235). Kondenzátory  $C_{101}$ ,  $C_{201}$ ,  $C_{301}$ ,  $C_{401}$ ,  $C_{108}$  a  $C_{308}$  jsou připojeny ze strany spojů na vývody 9 a 10 integrovaných obvodů



Obr. 97. Deska s plošnými spoji zdroje a indikátorů K236 kodéru SQ



Obr. 98. Panel kodéru v rozvinutém tvaru (a), panel kodéru po ohnutí (b) a kryt kodéru (c)

## 6. Poslech kyadrofonie

Závěrem bychom si měli něco povědět o poslechu kvadrofonických nahrávek. Je to totiž pro výsledný efekt právě tak důležité, jako znalost kvadrofonické teorie pro stavbu kvadrofonických přístrojů.

Nejprve k reproduktorovým soustavám. Protože k poslechu kvadrofonie potřebujeme čtyři reproduktorové soustavy, budeme volit patrně soustavy menších rozměrů (ob-sah 20 až 30 litrů). Jakostní reprodukce lze dosáhnout i tak malými soustavami, soustavy však mají menší účinnost a vyžadují zesi-lovač s větším výstupním výkonem, rozhodně ne méně, než 10 W na kanál. Přední soustavy umístíme jako při stereofonním poslechu, zadní dvě umístíme tak, aby soustavy tvořily rohy čtverce. To však většinou není možné,

proto bývají obvykle zadní soustavy blíže k posluchači, což vyžaduje přiměřeně zmenšit jejich hlasitost reprodukce. Obvykle se v takových případech zmenšuje i jejich vzdálenost. V případě nutnosti je možno umístit zadní soustavy na boční stěny (vzhledem k posluchači, proti předchozímu umístění budou nyní otočeny o 90°). Pokud jde o výškové umístění soustav, nejlepší bude asi ve výši hlavy sedícího posluchače. To vše jsou však pouze všeobecná doporučení, nejlepší umístění soustav si musí každý ve svých podmírkách vyřešit sám.

Již v úvodu bylo řečeno, že kvadrofonie má sloužit k různým účelům, že však nejrůznější efekty, které lze její pomocí vytvářet, nejsou dominantní kvadrofonální technikou. Nečekajte od kvadrofonálního poslechu zárazky, mohli byste být zklamáni právě tak, jak jistě byli zkamáni mnozí při prvních zkusebnostech se stereofonním poslechem. Právě ze stereofonické techniky reprodukce vyplývá, že posluchač se musí nejprve učit kvadrofonální záznamy poslouchat. Znamená to zprvu ne přehnáti hlasitost zadních kanálů (hlasitost volit pouze tak, aby ho mohli slyšeli, že „tam něco je“). Naopak je celá řada kvadrofonických nahrávek, u nichž zvuky ze zadu vůbec samostatně nevnímáme, přesto je však prostorový dojem velmi dobrý. Tomuto učení se poslouchat, by měla také napomoci úvodní kvadrofonická deska SQ Supraphon, která vyjde s největší pravděpodobností ještě v letošním roce. S pomocí této desky budete moci nejen se naučit mnohé o kvadrofonickém poslechu, ale také nastavit si a odzkoušet své zařízení.

Jakostní reprodukce je přání mnoha techniků i netechniků, amatérů i profesionálů, hudebníků i laiků. Právě ve schopnostech amatérů je totto přání realizovat. Při amatérské stavbě by mělo být zásadou, že zařízení, které stavíme, nesmí být tak dobré, jako běžný tovární výrobek, musí být, či mělo by být lepší. Ze je to možné, o tom svědčí mnohé příkladné amatérské konstrukce, mimo jiné také mezi amatéry, zabývajícími se stavbou zařízení Hi-Fi. Bude-li jim tato publikace alespoň popudem, či inspirací a teoretickým úvodem pro další práci, pak svůj účel jistě splnila.

OPRAVA

V AR-B č. 1 letošního roku je v článku 68 „Zvonková hra s IO“) nedostatek, který znikl zřejmě ze snahy nahradit původní integrovaný obvod naším výrobkem. Autor používá k posouvání impulsů klopné obvody typu D z IOMH7475. Tyto obvody jsou však využity především jako strádáče dvojkové informace – tomu je podřízena i jejich konstrukce.

Zapojíme-li tedy MH7475 podle návodu, objeví se na všech výstupech Q při příchodu hodinového impulu stejná úroveň, a to taková, jaká je na vstupu D prvního klopného obvodu v řežecí.

Pro správnou funkci zvonkové hry je nutné použít 12 klopňových obvodů D s touto funkcí: s náběžnou hranou hodinového impulu se informace přítomná na vstupu D zapíše do obvodu, po dobu jeho trvání je obvod blokován a se sestupnou hranou hodinového impulu se informace přenese na výstup Q. Dva klopňové obvody s touto informací obsahují např. MH7474.

Děkujeme našemu čtenáři, J. Holečkovi z Nezvěstic, za toto upozornění.

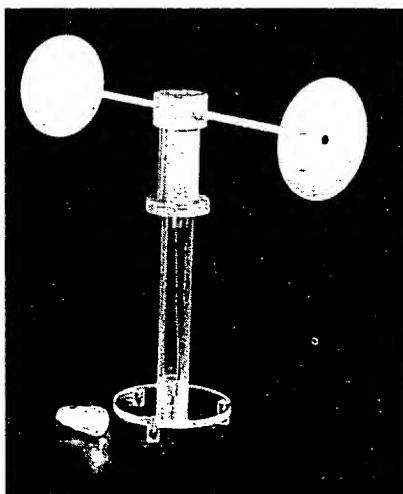
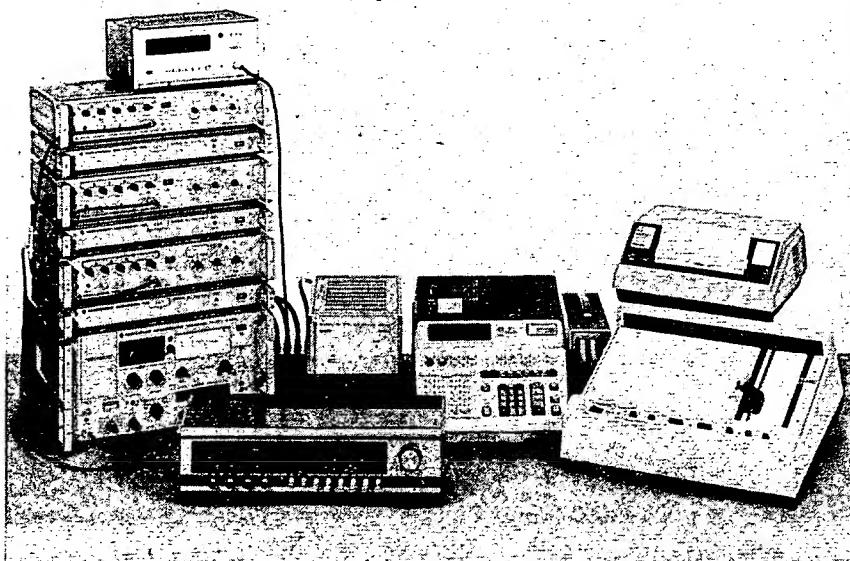
## Počítačem řízené měřicí pracoviště

Téměř ideálním měřicím pracovištěm pro nejrůznější nf měření je sestava přístrojů na obrázku. Jde o sériově vyráběné měřicí přístroje firmy Rohde a Schwarz, které lze v sestavě podle obrázku použít k plněautomatickému nebo poloautomatickému měření zkreslení, k měření kmitočtových průběhů,

měření diferenčních tónů, intermodulace apod. Všechna uvedená měření vyžadují méně než jednu desetinu času, který byl potřebný při klasických měřicích metodách. Výsledky měření lze přitom zaznamenávat zapisovačem.

RST - Nachrichten

-mi-



### Aktivní přijímací dipól

Již často jsme se mohli dočít (a nakonec i přesvědčit) o tom, že měření je základem všech úspěchů, jak při kontrole, tak i při návrhu obvodů a zařízení. Zajímavou novinkou v oblasti měření, která je u nás zatím dosud zanedbávána, je aktivní přijímací dipól, který byl zkonstruován firmou Rohde a Schwarz (viz obrázek).

Dipól vzhledem ke svému mimořádně velkému kmitočtovému rozsahu (20 až 200 MHz) a současně malým rozměrym nachází téměř neomezené možnosti použití ve vysílací technice i v technice kontrolních služeb.

RST - Nachrichten

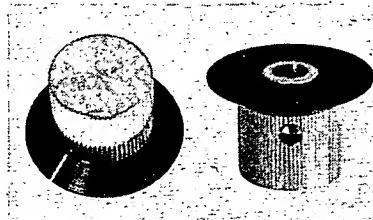
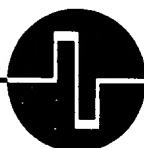
-mi-

## IDEÁLNÍ STAVEBNÍ PRVEK

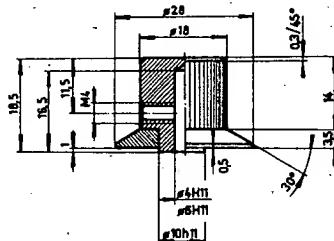
pro elektroniku  
a přesnou mechaniku

### KOVOVÉ PŘÍSTROJOVÉ KNOFLÍKY

K 186 a K 184  
na hřidle Ø 6 a 4 mm



- pro přístroje HIFI-JUNIOR
- pro elektronická měřidla
- pro mechanické aplikace
- pro jiné zesilovače a tunery
- pro amatérské experimenty
- náhrada nevhodných knoflíků



Základní těleso z polomatného legovaného hliníku má vroubkovaný obvod pro lehké, ale spolehlivé uchopení. Robustní stavěcí šroub M4 zajišťuje pevné spojení bez prokluzu i na hladkém hřidle bez drážky. Ani při silovém utažení knoflík nepraská, jak se to stává u výrobků z plastických hmot. Zvýšená středová patka se opírá o panel a vymezuje mezeru 1 mm mezi panelem a obvodem černého kónického indikačního kotouče. Bílá ryska na kotouči (je o 180° proti šroubu) tak umožňuje snadno a bez paralaxy rozeznávat nastavenou informaci. Moderní, technicky střízlivý vzhled a neutrální kombinace přírodního hliníku s černou a bílou dovolují použít tyto knoflíky v libovolně tvarovaném i barevném prostředí.

MALOOBCHODNÍ CENA ZA 1 ks:

Prodej za hotové i poštou na dobríku.

Prodej za OC i VC (bez daně). Dodací lhůty:

Do 200 ks ihned ze skladu, větší počty a prodej za VC na základě HS.

13,70 Kčs

obchodní označení	určeno pro hřídel	číslo výkresu	číslo jednotné klasifikace
K 186	Ø 6 mm	992 102 001	384 997 020 013
K 184	Ø 4 mm	992 102 003	384 997 020 014

telefon: prodejna 24 83 00  
odbyt (úterý a čtvrtek): 24 76 73  
telex: 121601



# ELEKTRONIKA

podnik ÚV SvaZarmu  
Ve Smečkách 22, 110 00 Praha 1

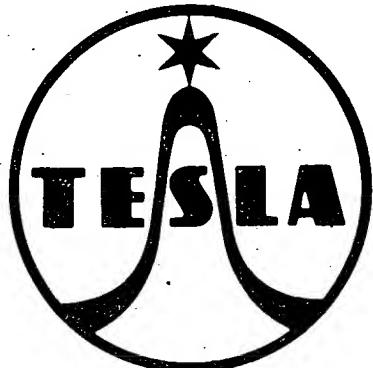
B/4  
76

Amatérské RADI

159

# SOUČÁSTKY a náhradní díly

k okamžitému odběru:



## ELEKTRONKY

ECC82, ECC83, ECC84, ECC85, ECL84, ECL86, EL81, EL83, EL84, EL86, EL500, PABC80, PCC84, PCL200, PL81, PL82, PL84, PL508, PL509, 6A2P (6H31), 6CC42, 6K4P (6F31), 6L31, 6N15P (6CC31), 6Z1P (6F32), 6Z5P (6F36) ECF803, EF183, EF184, PC86, PC88, PCF801, EF800, 6Z1PE, 6Z1PV, E83CC, DCG4/1000, AZ1, DY51, EAA91, EY88, EZ80, EZ81, PY82, PY83, PY500, 1Y32P, 6Y50, STR85/10-C, STR150/30, 11TN40, EM84, EA52. Ceny od 7,70 do 35 Kčs.

## DIODY

GA202, GA203, GA204, GA206, GAZ51, KA206, KY705, KY708, KY710, KY711, KY712, KY715, KY721, KY722, KY725, KY730, KY730, KYZ71, KYZ72, KYZ73, KYZ74, KYZ77, KYZ78, KYZ79, KYZ82, KYZ74, KYZ99, KS188A (KZZ71), KZZ73 (D814V), B814D (KZZ), 2NZ70, 5NZ70, 6NZ70, 1PP75. Ceny od 1 do 25 Kčs.

## TRANZISTORY

GC500, 2-GC500, GC501, GC502, GC507, 2-GC507, GC508, GC509, GC510, GC510K, GC510K+520K, GC511; GC511K, GC511K+521K, GC515, GC516, GC521K, GC522, GC522K, GS501, GS502, GS507, 103NU70, 2-103NU70, 106NU70, 101NU71, 2-101NU71, 102NU71, 103NU71, 104NU71, 2NU72, 2-2NU72, 3NU72, 2-3NU72, 4NU72, 2-4NU72, 5NU72, 2-5NU72, 2NU73, 3NU73, 2-3NU73, 4NU73, 2-4NU73, 5NU73, 2-5NU73, 6NU73, 2-6NU73, 7NU73, 2NU74, 2-2NU74, 3 NU74, 2-3NU74, 4NU74, 6NU74, 2-6NU74, 7NU74, GF501, GF502, GF503, GF504, GF506, OC170 (GT322), OC170 výb. (GT322A), 155NU70, 156NU70, KC510, KC507, KC508, KCZ58, KCZ59, KD602, KF504, KF506, KF507, KF517, KFY16, KFY34, KU601, KU611. Ceny od 3 do 55 Kčs.

## OBRAZOVKY

35MK22, 430QP44, AW43802. Ceny od 50 do 260 Kčs.

## VÍCEÚČELOVÝ MATERIÁL

Odpory uhlíkové: TR 112a – ceny od 0,30 do 1,70 Kčs, TR 143 – 146m – ceny od 0,40 do 2,90 Kčs, TR 106–108 – ceny od 1,10 do 8,50 Kčs.

Odpory MLT: TR 151–154 – ceny od 0,45 do 2,20 Kčs.

Odpory drátové: WK 669 44–45 – ceny od 5,50 do 9 Kčs.

Potenciometry vrstvové: TP 180a, TP 181a, TP 280n–287m – ceny od 5,50 do 13 Kčs.

Potenciometry knoflíkové: TP 400 – cena 7 Kčs.

Potenciometry keramické: TP 053 – cena 46 Kčs.

Elektrolytické kondenzátory: TE 980–993 – ceny od 2 do 4 Kčs, TC 934y–939a, TGL 5151 – ceny od 8,50 do 66 Kčs.

Kondenzátory odrušovací: TC 242 – cena 5,50 Kčs.

Kondenzátory krabícové: TC 451–461 – ceny od 5,50 do 10 Kčs, TC 471–489 – ceny od 7 do 19 Kčs, TC 651–669 – ceny od 12 do 52 Kčs.

## INTEGROVANÉ OBVODY

MH5410, MH5420, MH5430, MH5450, MH5472, MH7400, MH7403, MH7410, MH7420, MH7430, MH7440, MH7450, MH7453, MH7460, MH7472, MH7474, MH7490, MH7493, MH8400, MH8450, MA0403, MAA115, MAA125, MAA145, MAA225, MAA245, MAA325, MAA345, MAA435, MAA501, MAA502, MAA503, MAA504, MAA525, MAA550, MAA661, MBA125, MBA145, MBA225, MBA245. Ceny od 23 do 55 Kčs.

Pro jednotlivce i organizace odběr za hotové i na fakturu:

+ ve značkových prodejnách TESLA

+ na dobírku od Zásilkové služby TESLA, Za dolním kostelem 847, PSČ 688 19 Uherský Brod

+ dle dohody s Oblastními středisky služeb TESLA: pro Středočeský, Jihočeský, Západočeský a Východočeský kraj – OBS TESLA Praha 1, Karlova ul. 27, PSČ 110 00, tel. 26 21 14; pro Severočeský kraj – OBS TESLA Ústí n. L., Pařížská 19, PSČ 400 00, tel. 274 31; pro Jihomoravský kraj – OBS TESLA Brno, Františkánská 7, PSČ 600 00, tel. 67 74 49; pro Severomoravský kraj – OBS TESLA Ostrava, Gottwaldova 10, PSČ 700 00, tel. 21 34 00; pro Západoslovenský kraj – OBS TESLA Bratislava, Karpatská 5, PSČ 800 00, tel. 442 40; pro Středoslovenský kraj – OBS TESLA Banská Bystrica, Malinovského 2, PSČ 974 00, tel. 255 50; pro Východoslovenský kraj – OBS TESLA Košice, Luník I, PSČ 040 00, tel. 362 43.